รายงานฉบับสมบูรณ์

(Final Report)

การถ่ายทอดเทคโนโลยีและบ่มเพาะผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเกษตรชีวภาพบนฐานการใช้น้ำบำบัดจากชุมชน

Technology transfer and incubation program for bio- and agro-industry entrepreneurs in recirculation usage of domestic

โดย ผศ.ดร.ชาญยุทธ กาฬกาญจน์ และคณะ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ 2564

สิงหาคม 2565

สัญญาเลขที่ กม.47/2564

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การถ่ายทอดเทคโนโลยีและบ่มเพาะผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเกษตรชีวภาพ บนฐานการใช้น้ำบำบัดจากชุมชน”

Technology transfer and incubation program for bio- and agro-industry entrepreneurs in recirculation usage of domestic

คณะผู้วิจัย	**สังกัด**
1. ผศ.ดร.ชาญยุทธ กาฬกาญจน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ดร.สลิล ชั้นโรจน์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. รศ.ดร.ธงชัย ศรีวิริยรัตน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
4. อาจารย์นิวร ศรีคุณ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
5. คุณนิสากร วิเวกวินย์	สำนักงานเทศบาลเมืองแสนสุข จังหวัดชลบุรี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ 2564

คำนำ

รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการ “การถ่ายทอดเทคโนโลยีและบ่มเพาะผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเกษตรชีวภาพบนฐานการใช้น้ำบำบัดจากชุมชน” โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา และสำนักงานเทศบาลเมืองแสนสุข จังหวัดชลบุรี ได้สรุปผลการศึกษาของโครงการรวมระยะเวลา 10 เดือน (15 มิ.ย. 64 - 16 เม.ย. 65) ซึ่งประกอบด้วย การดำเนินการวิจัย พัฒนา และรวบรวมข้อมูลด้านการบำบัดน้ำเสีย และการนำน้ำผ่านการบำบัดไปใช้เพื่อการเกษตร โดยเน้นการปลูกพืชไม้ดอกไม้ประดับ รวมทั้งการถ่ายทอดเทคโนโลยีไปสู่ผู้ที่สนใจทั้งในส่วนของภาครัฐและเอกชน เพื่อการขยายผลต่อไปในอนาคต

คณะนักวิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับสมบูรณ์เล่มนี้จะมีเนื้อหาที่เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานทั้งภาคราชการ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นรวมถึงภาคประชาชน ในการนำองค์ความรู้ ด้านการบำบัดเสียที่เกิดขึ้นจากชุมชนไปประยุกต์ใช้กับการเกษตรได้อย่างเหมาะสม

หัวหน้าโครงการวิจัย

สิงหาคม 2565

กิตติกรรมประกาศ

โครงการ “การถ่ายทอดเทคโนโลยีและบ่มเพาะผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเกษตรชีวภาพบนฐานการใช้น้ำบำบัดจากชุมชน” ดำเนินการสำเร็จได้ด้วยความร่วมมือจากหลายหน่วยงาน โครงการฯ ขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ และโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา สำนักงานเทศบาลเมืองแสนสุข องค์การจัดการน้ำเสีย กระทรวงมหาดไทย โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือ และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน

สุดท้ายนี้ คณะนักวิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรมสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำปีที่ 2 ที่ให้ทุนสนับสนุนในการดำเนินงานโครงการนี้

คณะผู้วิจัย

สิงหาคม 2565

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

1. บทนำ

เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor หรือ EEC) ถูกจัดตั้งขึ้นเพื่อเพิ่มศักยภาพเชิงพื้นที่สำหรับรองรับการลงทุนและพัฒนากิจกรรมทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งครอบคลุมพื้นที่นำร่อง 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง แต่ในอนาคตพื้นที่ดังกล่าวกำลังประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำสำหรับภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรม ซึ่งส่งผลให้เกิดความไม่มั่นใจในการลงทุนของนักลงทุน

โดยวิธีแก้ปัญหาในปัจจุบัน คือ การผันน้ำจากจังหวัดจันทบุรีและตราดด้วยท่อส่งน้ำมาให้พื้นที่ EEC ซึ่งวิธีดังกล่าวต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมาก และขาดความยั่งยืนในระยะยาว ดังนั้น เพื่อให้เกิดความยั่งยืนในการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในเขตพื้นที่ EEC คณะวิจัยจึงมีแนวคิดในการนำน้ำทิ้งจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนกลับมาใช้ใหม่ โดยโครงการวิจัยแบ่งได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1: การพัฒนาเทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเพื่อนำมาใช้ในภาคเกษตรกรรม โดยเน้นเทคโนโลยีการทำเกษตรสมัยใหม่ซึ่งสามารถควบคุมและกำหนดปริมาณน้ำที่ใช้ได้ เช่น การใช้ระบบไฮโดรโปนิกส์ และโรงเรือนอัจฉริยะ

น้ำเสียจากชุมชนจะถูกนำมาบำบัดด้วยวิธีการที่เหมาะสมและต้นทุนต่ำ ซึ่งน้ำที่ได้จะยังคงมีแร่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตพืช วิธีการนี้เป็นการนำน้ำเสียกลับมาใช้ซ้ำใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพืชที่เลือกใช้เป็นต้นแบบในโครงการนี้ คือไม้ประดับที่มีมูลค่าสูง และไม้ประดับฟอกอากาศ (PM2.5) ซึ่งพืชในกลุ่มนี้มีแนวโน้มในการขยายตลาดได้มากในอนาคต

พื้นที่หลักที่ใช้ในการทำวิจัยตั้งอยู่ในอาณาเขตของมหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งในอนาคตสามารถพัฒนาเป็นศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการบำบัดน้ำ การใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดเพื่อการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรชีวภาพ รวมถึงบ่มเพาะผู้ประกอบการเกษตรที่มีความสนใจในเศรษฐกิจชีวภาพเศรษฐกิจหมุนเวียนและเศรษฐกิจสีเขียว (Bio-Circular Green Economy) ซึ่งประกอบไปด้วย เศรษฐกิจชีวภาพ (การปลูกพืชที่มีมูลค่าสูง) เศรษฐกิจหมุนเวียน (การนำน้ำที่ใช้แล้วกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่) และเศรษฐกิจสีเขียว (การลดการทิ้งแร่ธาตุลงแหล่งน้ำและการเพิ่มปริมาณพืชที่ใช้บำบัดมลพิษในน้ำและอากาศ)

โครงการวิจัยชิ้นนี้เป็นการบูรณาการความร่วมมือในการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีระหว่างสถาบันการศึกษา (มหาวิทยาลัยบูรพา) หน่วยงานภาครัฐ (หน่วยงานภายใต้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์และองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น) หน่วยงานภาคเอกชน (บริษัท ไทยอีสเทิร์น อินดัสเตรียล แลนด์ จำกัด) และชุมชน (วิสาหกิจชุมชน กลุ่มเกษตรกรชุมชน และสภาเกษตรกร) ในเขตพื้นที่ EEC ซึ่งช่วยให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมในการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดและเกษตรอัจฉริยะที่เหมาะสมกับแต่ละกลุ่มเป้าหมาย รวมทั้งรวบรวมองค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการน้ำและการทำการเกษตรสมัยใหม่เพื่อเผยแพร่ให้กับประชาชนต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพาเป็นแม่ข่ายในการดำเนินการร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีเกษตรและนวัตกรรมจังหวัดชลบุรี ระยอง และฉะเชิงเทรา รวมทั้งองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เพื่อร่วมกันสร้างพื้นที่ต้นแบบสำหรับการใช้น้ำอย่างยั่งยืน ได้แก่ มหาวิทยาลัยสีเขียว (Green University) เมืองอัจฉริยะ (Smart City) การเกษตรแม่นยำสูง (Precision Agriculture) และสร้างผู้ประกอบการฐานนวัตกรรม (Innovation Driven Entrepreneur) ในอุตสาหกรรมเกษตรชีวภาพ เพื่อรองรับการเข้ามาของแรงงาน การลงทุน และการพัฒนากิจกรรมทางเศรษฐกิจของประเทศในเขตพื้นที่ EEC ต่อไป

ส่วนที่ 2 คณะวิจัยดำเนินการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพแบบ Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้ในต่างประเทศที่สามารถลดต้นทุนการบำบัดน้ำเสียและเพิ่มศักยภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบ MBBR เป็นระบบที่มีการติดตั้งตัวกลางในถังปฏิกิริยาเติมอากาศ เพื่อให้แบคทีเรียถูกตรึงอยู่บนผิวตัวกลางเป็นชั้นไบโอฟิล์ม ทำให้ระบบ MBBR มีทั้งแบคทีเรียแบบแขวนลอยและในชั้นไบโอฟิล์ม ส่งผลให้ระบบ MBBR มีปริมาณแบคทีเรียเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ระบบ MBBR มีขนาดกะทัดรัด ใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย สามารถรองรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงที่ระยะเวลาเก็บกักทางชลศาสตร์น้อย

ดังนั้น ระบบ MBBR สามารถนำมาใช้บำบัดน้ำเสียชุมชนจนสามารถนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ได้ น้ำทิ้งได้จากการบำบัดน้ำเสียจากระบบ MBBR ที่มีคุณภาพดีตามมาตรฐานน้ำทิ้งและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ถูกนำไปใช้ในโครงการวิจัยส่วนที่ 1 ด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรชีวภาพ ทั้งนี้ ระบบ MBBR นี้มีความยืดหยุ่นสามารถดัดแปลงให้เป็นระบบ Integrated Fixed Film Activated Sludge (IFAS) ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสูงเช่นกัน

คณะนักวิจัยเดินระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR ในพื้นที่ของเทศบาลเมืองแสนสุข จังหวัดชลบุรี ซึ่งติดตั้งคู่ขนานกับระบบบำบัดน้ำเสียเดิมที่บำบัดน้ำเสียชุมชนของตำบลแสนสุข ภายใต้ความร่วมมือกันของ

เทศบาลเมืองแสนสุข องค์การจัดการน้ำเสีย และมหาวิทยาลัยบูรพา และทดสอบระบบ MBBR จริงด้วยน้ำเสียจริงจากชุมชน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ระบบ MBBR สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงและมีเสถียรภาพ มีน้ำทิ้งที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนี้ โครงการวิจัยมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียของระบบ MBBR แก่กลุ่มผู้ประกอบการภาคอุตสาหกรรมและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

2. วัตถุประสงค์

1. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการประหยัดน้ำและการใช้น้ำทิ้ง และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องให้ทันสมัย
2. พัฒนาระบบต้นแบบของการใช้เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียและการใช้น้ำทิ้งที่ทันสมัยและเหมาะสมกับการพัฒนาพื้นที่ EEC ในอนาคต
3. พัฒนาบุคลากรเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบ MBBR แก่บุคลากรด้านการบำบัดน้ำเสีย และการใช้น้ำทิ้งเพื่อรองรับการจัดการด้านอุปสงค์ให้กับกลุ่มผู้เกี่ยวข้อง เช่น กลุ่มผู้ประกอบการ กลุ่มเกษตรกร และผู้สนใจทั่วไป เป็นต้น
4. เผยแพร่ข้อมูล เทคโนโลยีการประหยัดน้ำและการใช้น้ำซ้ำผ่านช่องทางต่างๆ

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ติดตั้งและปรับปรุงระบบโรงเรือนอัจฉริยะ และระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR สำหรับโครงการวิจัย
2. ศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับการใช้น้ำทิ้งเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่งานในภาคการเกษตร
3. ติดตั้งระบบอัตโนมัติสำหรับการทำเกษตรอัจฉริยะ และระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กสำหรับการเกษตร
4. ปรับปรุงระบบไฮโดรโปนิกส์ และทดลองปลูกไม้ประดับ
5. สำรวจผู้ต้องการอบรมและเนื้อหาที่ต้องการทราบ เพื่อวางแผนการอบรมเผยแพร่
6. เดินระบบ เก็บข้อมูล ปริมาณและคุณภาพน้ำ ตั้งแต่น้ำเข้าระบบบำบัด และการนำไปใช้เพื่อการเกษตร

7. ทดลองเพาะเลี้ยงและเพิ่มจำนวนไม้ประดับโดยใช้น้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัด เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ปริมาณการใช้น้ำ การลดลงของธาตุอาหาร คุณภาพน้ำ และประเมินราคาต่อต้นทุนของไม้ประดับแต่ละชนิด

8. วิเคราะห์ผลตอบแทนและความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดในการปลูกไม้ประดับแต่ละชนิด เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดการถ่ายทอดเทคโนโลยี

9. จัดประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาทักษะสำหรับรองรับการใช้และถ่ายทอดเทคโนโลยี

10. จัดอบรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับกลุ่มผู้ประกอบการ กลุ่มเกษตรกร และผู้สนใจทั่วไป

4. สรุปผลการศึกษา

1. ระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพแบบ Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) ซึ่งเป็นระบบนำร่อง ได้ถูกย้ายมาจากโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา มาติดตั้งที่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ แสนสุขเหนือ (ถนนข้าวหลาม) จังหวัดชลบุรี โดยมีการปรับปรุงระบบให้สอดคล้องกับปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสียชุมชน ตลอดจนการแก้ไขปรับปรุงแก้ไขระบบสูบน้ำ ระบบกรองทราย ระบบกำจัดเชื้อโรค และอื่นๆ นอกจากนี้ ยังปรับเปลี่ยนวิธีการควบคุมระบบเพื่อให้สามารถบำบัดน้ำเสียชุมชนจนสามารถกำจัดสารอินทรีย์ออกจากน้ำเสียได้หมด และเปลี่ยนแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียให้เป็นสารประกอบไนเตรตไนโตรเจน ซึ่งเป็นรูปแบบไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืช โดยน้ำทิ้งยังมีธาตุฟอสฟอรัสอยู่ ทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณลักษณะเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ทางด้านการเกษตร โครงการวิจัยนี้ยังได้พัฒนาระบบ MBBR ที่มีขนาดเล็ก ราคาถูก สามารถบำบัดน้ำทิ้งจากบ้านเรือนจนได้น้ำทิ้งที่มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการใช้ทางการเกษตรเช่นเดียวกัน

2. วิธีการที่ใช้บำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในภาคการเกษตร และการนำกลับมาใช้ใหม่ ควรมีความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์ออกให้หมด และมีกระบวนการเปลี่ยนแอมโมเนียไนโตรเจนเป็นสารประกอบไนเตรต ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพแบบ Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) สามารถนำไปใช้บำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับไปใช้ด้านการเกษตรสำหรับพื้นที่ EEC ได้เป็นอย่างดี หากวิเคราะห์ผลตอบแทนและความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดในการทำการเกษตร โดยการปลูกไม้ดอกและไม้ประดับ พบว่า การปลูกมอนสเตอร่าจำนวน 6,400 ต้น ในโรงเรือนขนาด 1 งาน มีต้นทุน 187,176 บาท หากขายต้นมอนสเตอร่าได้ในราคาต้นละ 100 บาท จะมีรายได้ 640,000 บาท มีกำไร 452,824 บาท ต่อพื้นที่ 1 งานต่อ 6 เดือน หรือ 905,648 บาท ต่อพื้นที่ 1 งานต่อปี สำหรับการปลูกดาวเรืองจำนวน 1,600 ต้น ในโรงเรือนขนาด 1 งาน มีต้นทุน 76,784 บาท หากขาย

ดาวเรืองได้ในราคาดอกละ 2 บาท จะมีรายได้ 256,000 บาทเหลือผลกำไร 179,216 บาทต่อพื้นที่ 1 งาน ต่อ 4 เดือน หรือ 537,648 ต่อพื้นที่ 1 งานต่อปี ในโรงเรือนนี้ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียจำลองขนาดเล็ก ปริมาณน้ำเสียที่บำบัด เท่ากับ 1.2 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (36 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน) ค่าไฟฟ้า เท่ากับ 24.5 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR ที่ติดตั้ง ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ) ปริมาณน้ำเสียที่บำบัด เท่ากับ 50 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (1,500 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน) ค่าไฟฟ้า เท่ากับ 6.5 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

3. จัดประชุมเชิงปฏิบัติการให้กับคณาจารย์ วิศวกร เจ้าหน้าที่จากองค์การบริหารส่วนท้องถิ่น เจ้าหน้าที่จากภาคการเกษตร มีการดำเนินงานร่วมกับภาครัฐ เช่น สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) คณะอนุกรรมการความร่วมมือระหว่างกระทรวงเกษตรและสหกรณ์และสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย สภาเกษตรกรจังหวัดชลบุรี ศูนย์การเรียนรู้ชุมชนต้นแบบ โรงเรียนต่าง ๆ ในพื้นที่ เป็นต้น ภาคเอกชน ได้แก่ กลุ่มบริษัท เครือไทยอีสเทิร์นกรุ๊ป จำกัด รวมทั้งเกษตรกร และผู้สนใจทั่วไป

4. จัดกิจกรรมอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับกลุ่มผู้ประกอบการ กลุ่มเกษตรกร และผู้สนใจทั่วไป จัดอบรมให้กับนักศึกษา เกษตรกร ชุมชน และผู้ประกอบการไปแล้วมากกว่า 60 คน ทั้งในส่วนของภาคการเกษตรและบำบัดน้ำเสีย

5. ข้อเสนอแนะ

1. ผู้สนใจทั้งภาคเกษตร วิสาหกิจชุมชน หรือภาคอุตสาหกรรม มีข้อกังวลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการลงทุน การดูแลบำรุงรักษา และการใช้งาน แต่ไม่มีข้อกังวลมากนักในเรื่องคุณภาพน้ำ เนื่องจากต้องการนำน้ำไปใช้ในการปลูกพืชในดินตามวิธีการดั้งเดิม

2. ในกรณีการก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำของชุมชน หรือวิสาหกิจชุมชน เพื่อให้มีปริมาณน้ำเสียเพียงพอต่อการนำไปใช้งาน ต้องมีการจัดการและการดูแลบำรุงรักษาเป็นอย่างดี เพื่อให้ระบบมีเสถียรภาพ

3. สำหรับภาคเกษตร ผลกระทบที่เกิดจากปัญหาสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งน้ำท่วมและน้ำแล้ง โดยภาครัฐได้อาศัยวิธีการต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นไม่ได้มีความยั่งยืน เช่น การประกันราคาสินค้าเกษตร การจัดการด้านเงินกู้ทางการเกษตร และการจัดการน้ำชลประทาน เป็นต้น วิธีการที่เหมาะสม คือ เกษตรกรต้องปรับตัวให้สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น การใช้น้ำทำ

การเกษตรน้อยลง การเปลี่ยนแปลงพันธุ์พืช หรือการเปลี่ยนวิธีทำการเกษตร เป็นต้น และภาครัฐจำเป็นต้องมีกิจกรรมการส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้และการตลาดที่เป็นรูปธรรม เพราะการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เกี่ยวข้องกับความรู้ความสามารถ ทักษะ และเครื่องมือการเกษตรที่เกษตรกรมีความคุ้นเคยกับวิธีการปลูกที่เกษตรกรเคยทำมาในอดีต โรคแมลงศัตรูพืชที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ปัจจัยการผลิต ต้นทุนการผลิต จำนวนผลผลิต และสิ่งผลักดันที่เป็นรูปธรรมซึ่งจะส่งเสริมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้จริง คือ ราคาผลผลิต ดังนั้น การดำเนินการเพียงการสร้างความเข้าใจและโน้มน้าวกับเกษตรกรในเรื่องปัญหาการขาดแคลนน้ำที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และการรณรงค์ให้เกษตรกรลดการใช้น้ำทำการเกษตร เป็นเรื่องที่ยากลำบาก และทำให้ยังคงไม่เกิดผลลัพธ์ที่ชัดเจนในภาพรวม

Executive Summary

1. Introduction

The Eastern Economic Corridor (EEC) was established to increase the spatial capacity for investment and development of economic activities of Thailand. This project covers pilot areas in three provinces which are Chachoengsao, Chonburi and Rayong. Nevertheless, these areas have been facing water scarcity for agriculture and industries, which leads to uncertainty in investment.

Currently, water diversion from Chanthaburi and Trat provinces has been employed to relieve such problems. The diverted water is planned to convey through pipelines which requires a large investment and lack of long-term sustainability. In order to achieve sustainability in solving the water scarcity problem in this EEC areas, the treatment and reuse of wastewater is considered as an effective solution. The research project is divided into 2 parts as follows:

Part 1: The community-based water treatment systems was developed and the treated and recycled wastewater was reused in agriculture. For this project, we focused on the modern agriculture which can control and adjust the water quantity, such as hydroponics and smart farms, etc.

The wastewater from community was treated with appropriate and low-cost process. The treated water contained plant nutrients which could be effectively used for agriculture. The plant models used in this project were high-value ornamental and air purifying plants (PM2.5) which have high market expansion potential in the near future.

The projected area of Part 1 was located in Burapha University, which could be further developed as a learning and technology transfer center for water treatment, usage of treated water in agriculture and agro-industry. Moreover, this center also aims to cultivate agricultural entrepreneurs for bio-economy circular economy and green economy (Bio-Circular Green Economy), which consists of bio economy (high value crops), circular economy (recycling of used water) and green economy (reducing the

dumping of minerals into water resources and breeding plants used for remediation of pollutants from air and water).

This research project is an integration of research cooperation and technology transfer between the educational institute (Burapha University), government agency (a unit under the Ministry Agriculture and Cooperatives and local administrative organizations), private sector entities (Thai Eastern Industrial Land Co., Ltd.) and communities (community enterprises, farmer association community and the farmers council) in the EEC areas. This project enable the development of technology and innovation in the reuse of wastewater in mart agricultures which suitable for each target group. Furthermore, information regarding the water management and smart farming were collected and would be propagated in the future.

Burapha University was a host of this project which cooperated with the Agricultural Technology and Innovation Center in Chonburi, Rayong and Chachoengsao provinces including local government organizations to develop pilot areas for sustainable water use. The areas included green university, smart city, precision agriculture, and innovation driven entrepreneur in the bio-agricultural industry which would support the employee's growth, investment and the development of economic activities in the EEC areas.

Part 2: Our researcher team installed Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) biological wastewater treatment systems at " Pibulbamphen" demonstration school, Burapha University (small system) and at the Sansuk North water quality improvement plant (pilot system). This system is commonly used in many countries, since it could reduce wastewater treatment costs with high potential of wastewater treatment system.

The MBBR system used in this project has a medium in the aeration reaction tank for fixing bacteria on the media surface as a biofilm layer. The system has both suspended bacteria and bacterial biofilms, resulting in higher bacteria content with less installation space. As a result, it could support high loads of organic compounds with less hydraulic retention periods.

Therefore, the MBBR system can be effectively used to treat community wastewater and the treated water could be recycled. The treated water met the acceptance criteria according to effluent standards which could be reused in Part 1 of the research project on agriculture and agro-industry. This MBBR system is flexible and it could be modified to become an Integrated Fixed Film Activated Sludge (IFAS), which is also a highly efficient wastewater treatment system.

The research team operated the MBBR wastewater treatment system in the area of Saensuk Town Municipality Chonburi, along with the former wastewater treatment system at the community wastewater treatment of Saensuk Sub-district. The system has been run under the cooperation of the Saensuk Town Municipality, Wastewater Management Authority and Burapha University. The wastewater obtained from the community was used to test the system. It was found that the MBBR system could be operated with high efficiency and stability and the treated wastewater can be recycled. In addition, our research team has transfer MBBR wastewater treatment technology to industrial enterprises and local government organizations.

2. Objective

1. To study and develop modern saving water and water recycling technology
2. To develop a prototype system using modern wastewater treatment technologies and the reuse of treated wastewater suitable for the development of the EEC areas
3. To develop personnel to transfer knowledge on technology and innovation of community wastewater treatment using MBBR system and the reuse of treated wastewater to support demand management for related groups such as entrepreneurs, farmers' groups, and general interested parties, etc.
4. To disseminate water saving and water reuse information and technology through various channels

3. Operating procedure

1. To install and improve the smart farm system and MBBR wastewater treatment system for research projects

2. To study the optimal wastewater treatment methods suitable for reuse in agricultural purposes

3. To install automation smart farming and a small wastewater treatment system for agriculture purposes

4. To improve the hydroponics system and planting ornamental plants

5. To survey for topics of interest for training dissemination plan

6. To run the system and collect quantity and water quality data in wastewater treatment system and application in agricultural purposes

7. To cultivate and breed ornamental plants using treated wastewater, and to collect data relating to their growth, water consumption, deterioration of nutrients, water quality and cost estimation for each plant

8. To analyze the return and economic cost of using treated wastewater in each ornamental planting which will be used in technology transfer management

9. To organize workshops for developing skills and supporting the technology transfer process.

10. To organize training courses for transferring technology to entrepreneurs, farmers' groups and the general public

4. Summary of study results

1. The Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) wastewater treatment system, which was a pilot system, have moved from the "Pibulbamphen" Demonstration School Burapha University to install at the Sansuk North water quality improvement plant (Khao Lam Road), Chonburi province. The MBBR system was modified in accordance with the quantity and characteristics of community wastewater as well as improving the water pumping system, sand filtering system, disinfection system, etc. In addition, the control system has also been modified to ensure that organic matters could be completely removed from the community wastewater. Also, ammonia nitrogen could be converted to nitrate compounds, a suitable form of nitrogen for growing plants, with phosphorus remain in treated wastewater. As a result, the treated wastewater would have suitable properties for the use in agriculture. Furthermore, a small-sized and low-cost MBBR system has also been develop for wastewater treatment in household. The treated water also have properties that could be use in agriculture.

2. An optimum method of wastewater treatment for reuse in agricultural sector should be capable of removing organic matters and converting ammonia nitrogen to nitrate compounds. The Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) wastewater treatment system can be utilized for wastewater treatment, and the treated wastewater could be reused for agriculture in the EEC areas. The economic return and cost-effectiveness of using treated wastewater for planting flowers and ornamental planting was analyzed. It was found that the cost for planting 6,400 monstera trees in a greenhouse of 1 ngan was 187,176 baht. If the monsters would be sold at 100 baht per each, the total earned income was 640,000 baht with profit of 452,824 baht per ngan per 6 months or 905,648 per ngan per year. For 1,600 marigolds planting in greenhouse per area of 1 ngan, it costed 76,784 baht. If marigolds would be sold at 2 baht/each, the total income would be 256,000 baht with benefit of 179,216 baht per ngan per 4 months or 537,648 baht per ngan per year. In this greenhouse, a small wastewater treatment system was employed. The quantity of wastewater was 1.2 cubic meters per day (36 cubic meters per month), with electricity cost of 24.5 baht per cubic meter. For the MBBR wastewater treatment system located at the Sansuk Water Quality Improvement Plant (North), the quantity of

treated wastewater was 50 cubic meters per day (1,500 cubic meters per month) with electricity cost at 6.5 baht per cubic meter.

3. Workshops were organized for academic staffs, engineers, staffs of local administrative organizations and agricultural sector officials. There are collaborations with government sectors such as the National Science and Technology Development Agency (NSTDA), the Cooperation Sub-committee between the Ministry of Agriculture and Cooperatives and the Federation of Thai Industries, Farmers Council of Chonburi Province, Model community learning centers, schools in local area, etc. There are collaborations with the private sector such as Thai Eastern Group Co., Ltd., as well as farmers and general public.

4. Technology transfer of treated wastewater usage in agriculture purposes and wastewater treatment system were organized for entrepreneurs, farmers and general public witch were more than 60 people.

5. Recommendations

1. Trainees from agriculture sector, community enterprise or industrial sector may concern about costs for investment, maintenance and operation. However, there was less concern about quality of treated wastewater, since they planned to use treated wastewater in traditional farming (soil planting).

2. In the case of construction of wastewater collection system for community or community enterprise in order to obtain sufficient of wastewater, the system need appropriate manage and maintenance for its stability.

3. For the agricultural sector, effects of changing environmental problems both floods and droughts, the government has relied on various methods to solve the problem which the results are not sustainable, such as insurance prices of agricultural products agricultural loan management and irrigation water management, etc. The appropriate method is that farmers have to adapt to the problems that arise, for example, using less water for farming, change in plant species or changing farming methods, for example. The government needs to have concrete activities to promote these changes and marketing because of activities that must be done in relation to the knowledge, abilities, skills and agricultural tools including cultivation methods that farmers have and have

done in the past, pest diseases that occur in the area, the cost of production, the number of outputs. The solid driving force that will actually promote change is prices of agricultural products. Therefore, the actions are to understand and convince farmers about the problem of water scarcity in the future and campaigning for farmers to reduce the use of water for farming, it's too challenge to do. Thus, there is still no clear result in the overall picture.

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : 44042-ODU08

ชื่อโครงการ : การถ่ายทอดเทคโนโลยีและบ่มเพาะผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเกษตรชีวภาพบนฐานการใช้น้ำบำบัดจากชุมชน

ชื่อนักวิจัย :

ผศ.ดร.ชาญยุทธ กาฬกาญจน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ดร.สลิล ชั้นโรจน์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
รศ.ดร.ธงชัย ศรีวิริยรัตน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
อ.นิวร ศรีคุณ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
คุณนิสากร วิเวกวินย์	สำนักงานเทศบาลเมืองแสนสุข

ระยะเวลาโครงการ : 15 มิถุนายน 2564 – 16 เมษายน 2565

คำสำคัญ : ไม้ประดับฟอกอากาศ ไฮโดรโปนิกส์ น้ำที่ผ่านการบำบัด ผู้ประกอบการเกษตร เกษตรอัจฉริยะ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบผสมผสาน ไบโอฟิล์ม จุลินทรีย์แบบแขวนลอย ระบบแอคทิเวเต็ดสลัดจ์

งานด้านวิศวกรรมน้ำเสียมีการนำแนวความคิดที่จะนำน้ำเสียนั้นกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) ในกิจกรรมต่างๆ หรือการหมุนเวียน (Recycle) นำสารอาหารในน้ำเสียมาใช้เป็นปุ๋ยสำหรับการเกษตร คือ การนำธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียมาใช้ น้ำเสียชุมชนก็เป็นแหล่งน้ำเสียอีกแหล่งหนึ่งที่มีธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สามารถนำมาใช้ในการเพาะปลูกพืชทางเศรษฐกิจได้ ส่งผลให้ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติมาผลิตเป็นปุ๋ยเคมี โดยเฉพาะธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ได้และมีอยู่อย่างจำกัดในธรรมชาติ การหมุนเวียนเอาธาตุอาหารเหล่านี้จากน้ำเสียมาใช้ใหม่จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจ โดยเฉพาะในขณะนี้ที่ราคาปุ๋ยเคมีมีราคาสูงขึ้นมาก เช่น ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 ปี พ.ศ. 2565 ราคากระสอบละ 1,550 - 1,600 บาท แต่ปี พ.ศ. 2564 ราคาเพียงกระสอบละ 700 บาท เป็นต้น เนื่องจากการเกิดวิกฤติการณ์ระหว่างรัสเซียและยูเครน นอกจากนั้น หากนำน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ประโยชน์ได้ จะสามารถช่วยลดปัญหาวิกฤติของการขาดแคลนน้ำได้ และหากสามารถบำบัดน้ำเสียจนได้คุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้งภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ได้ จะสามารถนำน้ำที่ผ่านการบำบัดไปหมุนเวียนใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้มากยิ่งขึ้น เช่น การเพาะปลูกพืชไม้ดอก พืชไม้ประดับ

นำไปสู่การปลูกพืชผัก ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาเศรษฐกิจชีวภาพ (Bio-economy) เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) หรือ BCG โครงการฯ มีการดำเนินการและการถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดร่วมกับเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะให้กับผู้สนใจรับการใช้ประโยชน์จากทั้งภาคเกษตร วิสาหกิจชุมชน หรือภาคอุตสาหกรรม จำนวนมากกว่า 60 คน

การวิเคราะห์ผลตอบแทนและความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดในการปลูกไม้ประดับแต่ละชนิด โดยต้นทุนสำหรับการปลูกมอนสเตอร่าจำนวน 6,400 ต้น ในโรงเรือนขนาด 1 งาน มีต้นทุน 187,176 บาท หากขายต้นมอนสเตอร่าได้ในราคาต้นละ 100 บาท จะมีรายได้ 640,000 บาท มีกำไร 452,824 บาท ต่อพื้นที่ 1 งานต่อ 6 เดือน หรือ 905,648 ต่อพื้นที่ 1 งานต่อปี และสำหรับการปลูกดาวเรืองจำนวน 1,600 ต้น ในโรงเรือนขนาด 1 งาน มีต้นทุน 76,784 บาท หากขายดาวเรืองได้ในราคาดอกละ 2 บาท จะมีรายได้ 256,000 บาทเหลือผลกำไร 179,216 บาทต่อพื้นที่ 1 งานต่อ 4 เดือน หรือ 537,648 ต่อพื้นที่ 1 งานต่อปี ระบบบำบัดน้ำเสียจำลองขนาดเล็ก ปริมาณน้ำเสียที่บำบัด เท่ากับ 1.2 ลูกบาศ์กเมตรต่อวัน (36 ลูกบาศ์กเมตรต่อเดือน) ค่าไฟฟ้า เท่ากับ 24.5 บาทต่อลูกบาศ์กเมตร ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR ที่ติดตั้ง ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ) ปริมาณน้ำเสียที่บำบัด เท่ากับ 50 ลูกบาศ์กเมตรต่อวัน (1,500 ลูกบาศ์กเมตรต่อเดือน) ค่าไฟฟ้า เท่ากับ 6.5 บาทต่อลูกบาศ์กเมตร

Abstract

Project Code : 464042-ODU08

Project Name : Technology transfer and incubation program for bio- and agro-industry entrepreneurs in recirculation usage of domestic wastewater treatment

Researcher name :

Asst. Prof. Dr. Chanyut Kalakan	Faculty of Engineering, Burapha University
Dr. Salil Chanroj	Faculty of Science, Burapha University
Assoc. Prof. Dr. Tongchai Sriwiriyarat	Faculty of Engineering, Burapha University
Mr. Nivorn Srikoon	Faculty of Science, Burapha University
Mrs. Nisakorn Wiwekwin	Saensuk Town Municipality Office

Project duration : 15 June 2021 - 16 April 2022

Keyword : Air-purifying Ornamental Plants, Hydroponics, Effluent, Agricultural Entrepreneur, Smart Farming, Hybrid Wastewater Treatment System, Biofilm, Suspended-growth Bacteria, Activated Sludge

Wastewater engineering overs all the technologies associated with wastewater, including treatment/recycle and reuse of wastewater for agricultural purposes. Community wastewater has been considered as a potential source of wastewater with high nitrogen and phosphorus which could be used for economic crop cultivation. As a result, there would be less consumption of natural resources for chemical fertilizers manufacturing, especially phosphorus nutrients which could not be re-synthesized. The recycling of these nutrients from wastewater is therefore an interesting issue. Especially now that chemical fertilizer prices has been rising much higher due to the crisis between Russia and Ukraine. For examples, urea fertilizer 46-0-0 formula price in 2021 and 2022 were 700 and 1,550 - 1,600 baht per sack, respectively. In addition, the recycle of treated wastewater would help reduce water consumption during water scarcity situations. The treated wastewater that meets the effluent standards could be reused in

several applications, such as cultivation of flowering-plant, ornamental plant, hydroponic and aeroponic planting systems, etc. This concept in accordance with the development of bio-economy (Bio-economy), Circular Economy, Green Economy (BCG). This project has organized technology transfer workshops related to the reuse of treated wastewater for agricultural purposes, including smart farm for agriculture sector community enterprise or industrial sector (more than 60 people).

The economic return and cost-effectiveness of using treated wastewater for ornamental planting was analyzed. It was found that the cost for planting 6,400 monstera trees in a greenhouse of 1 ngan was 187,176 baht. If the monsters would be sold at 100 baht per each, the total earned income was 640,000 baht with profit of 452,824 baht per ngan per 6 months or 905,648 per ngan per year. For 1,600 marigolds planting in greenhouse per area of 1 ngan, it costed 76,784 baht. If marigolds would be sold at 2 baht/each, the total income would be 256,000 baht with benefit of 179,216 baht per ngan per 4 months or 537,648 baht per ngan per year. In this greenhouse, a small wastewater treatment system was employed. The quantity of wastewater was 1.2 cubic meters per day (36 cubic meters per month), with electricity cost of 24.5 baht per cubic meter. For the MBBR wastewater treatment system located at the Sansuk Water Quality Improvement Plant (North), the quantity of treated wastewater was 50 cubic meters per day (1,500 cubic meters per month) with electricity cost at 6.5 baht per cubic meter.

สารบัญ

		หน้า
รายชื่อคณะวิจัยและผู้เกี่ยวข้อง		
คำนำ		i
กิตติกรรมประกาศ		ii
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร		iii
Executive Summary		ix
บทคัดย่อ		xvi
Abstract		xviii
สารบัญ		xx
สารบัญภาพ		xxiii
สารบัญตาราง		xxv
บทที่ 1	**บทนำ**	**1-1**
1.1	หลักการและเหตุผล	1-1
1.2	แนวคิดและเป้าหมาย	1-3
1.3	วัตถุประสงค์	1-12
1.4	ขอบเขตโครงการ	1-12
1.5	ระเบียบวิธีวิจัยและขั้นตอนการดำเนินงาน	1-13
1.6	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1-14
1.7	องค์ประกอบของรายงานฉบับสมบูรณ์	1-14
บทที่ 2	**พัฒนาปรับปรุงระบบด้านการเกษตรและการบำบัดน้ำเสีย**	**2-1**
2.1	พัฒนาปรับปรุงระบบด้านการเกษตร	2-1
	2.1.1 การปรับปรุงและต่อเติมระบบไฟฟ้า	2-1
	2.1.2 การติดตั้งกล้องวงจรปิด	2-1
	2.1.3 การทดสอบติดตั้งระบบทำความเย็น	2-2
	2.1.4 การติดตั้งระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง	2-2
	2.1.5 การติดตั้งแปลงสาธิตการใช้งานระบบ HandySense	2-2
	2.1.6 การติดตั้งระบบเซนเซอร์	2-3
	2.1.7 การปรับปรุงระบบพ่นหมอกควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือน	2-3

สารบัญ

		หน้า
	2.1.8 ติดตั้งระบบวัดค่าสภาวะต่างๆ ในดิน	2-4
	2.1.9 การปรับปรุงระบบปลูกไฮโดรโปนิกส์	2-5
	2.1.10 การสำรวจเกษตรกร	2-6
2.2	การติดตั้งและปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย	2-7
	2.2.1 วิธีการบำบัดน้ำเสียสำหรับการใช้น้ำทิ้งเพื่องานในภาคการเกษตร	2-11
	2.2.2 ผลการศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียสำหรับการใช้น้ำทิ้งเพื่องานในภาคการเกษตร	2-12
บทที่ 3	**ผลการดำเนินงาน**	**3-1**
3.1	ผลการดำเนินงานกิจกรรมด้านการเกษตร	3-1
	3.1.1 การปลูกไม้ประดับ อาทิ มอนสเตอร่า พลูฉลุ และ อนูเบียส ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึก	3-1
	3.1.2 การปลูกไม้ประดับ อาทิ มอนสเตอร่า เศรษฐีเรือนใน และฟิโลเดนดรอน ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Nutrient Film Technique (NFT)	3-2
	3.1.3 การปลูกดาวเรืองในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึก	3-3
	3.1.4 การปลูกกุหลาบในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึก	3-5
	3.1.5 การปลูกพืชผักในระบบไฮโดรโปนิกส์	3-5
	3.1.6 การปลูกพริกในระบบไฮโดรโปนิกส์ชนิดน้ำลึก	3-7
	3.1.7 การปลูกมะเขือเทศในระบบไฮโดรโปนิกส์	3-8
	3.1.8 ผลการดำเนินงาน	3-9
3.2	ผลการดำเนินงานด้านระบบบำบัดน้ำเสีย	3-32
	3.2.1 การติดตั้งและปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR สำหรับโครงการวิจัย	3-32
	3.2.2 ศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียสำหรับการใช้น้ำทิ้งเพื่องานในภาคการเกษตร และการนำกลับมาใช้ใหม่	3-37
	3.2.3 การเดินระบบ เก็บข้อมูล ปริมาณและคุณภาพน้ำ ตั้งแต่น้ำเข้าระบบบำบัดและการนำไปใช้เพื่อการเกษตร	3-38
บทที่ 4	**บทสรุปและข้อเสนอแนะ**	**4-1**
4.1	บทสรุป	4-1
4.2	ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์	4-1

สารบัญ

		หน้า
4.3	ข้อเสนอแนะ	4-2
4.4	ปัญหาและอุปสรรค	4-2
	บรรณานุกรม	**5-1**

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.2-1	ข้อมูลสถานการณ์น้ำในจังหวัดชลบุรีและระยอง (ประชาชาติธุรกิจ, 2563)	1-4
1.2-2	ระบบปลูกไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำเวียนโดยรากจุ่มน้ำ (Deep Flow Technique; DFT) (Maldonada et al., 2019)	1-7
1.2-3	ระบบปลูกไฮโดรโปนิกส์อัจฉริยะแบบ DFT (Maldonada et al., 2019)	1-7
1.2-4	ตัวอย่างไม้ประดับฟอกอากาศที่เจริญเติบโตในระบบไฮโดรโปนิกส์ ได้แก่ พลูด่าง (บนซ้าย) เศรษฐีเรือนใน (บนกลาง) และแก้วกาญจนา (บนขวา) ที่ปลูกภายในอาคาร (ล่างซ้าย) และภายนอกอาคาร (ล่างขวา)	1-9
1.2-5	ตัวอย่างไม้ประดับราคาสูง ได้แก่ ต้นมอนสเตอร่าด่าง (ซ้าย) ต้นพลูฉลุด่าง (กลาง) และไม้ประดับด่างชนิดอื่นๆ (ขวา)	1-9
1.2-6	ราคาไม้ประดับด่างพรีเมี่ยมชนิดต่างๆ (https://www.facebook.com/TheLuxuryProjects/)	1-10
1.2-7	ระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR รูปแบบต่างๆ เพื่อการกำจัดสารอินทรีย์และธาตุอาหารไนโตรเจน	1-11
1.2-8	ระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR ที่มีการประยุกต์ร่วมกับระบบ IFAS	1-12
2.1.1-1	การปรับปรุงและต่อเติมระบบไฟฟ้า	2-1
2.1.2-1	การติดตั้งกล้องวงจรปิด	2-1
2.1.3-1	ระบบระบายความเย็นแบบเพลเทียร์	2-2
2.1.5-1	ติดตั้งแปลงสาธิตการใช้งานระบบ HandySense	2-3
2.1.6-1	ติดตั้งแปลงสาธิตการใช้งานระบบเซนเซอร์	2-3
2.1.7-1	การปรับปรุงระบบพ่นหมอกควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือน	2-4
2.1.8-1	ติดตั้งระบบวัดค่าสภาวะต่างๆ ในดิน	2-5
2.1.9-1	ชุดปลูกพืชชนิด Nutrient Film Technique หรือ NFT	2-5
2.1.9-2	ชุดปลูกพืชชนิด Deep Flow Technique หรือ DFT	2-5
2.1.9-3	อุปกรณ์ควบคุมน้ำขึ้นน้ำลงในระบบไฮโดรโปนิกส์	2-6
2.1.10-1	การสำรวจเกษตรกรตัวแทนศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร	2-6
2.1.10-2	การสำรวจสมาชิกชุมชนและวิสาหกิจชุมชน	2-7
2.1.10-3	การสำรวจเกษตรกรที่สนใจ และเกษตรกรปราดเปรื่อง	2-7

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.2-1	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ)	2-8
2.2-2	แผนภาพแสดงระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ)	2-9
2.2-3	การปรับแก้ชุดตีนเป็ด	2-10
2.2-4	การติดตั้งตะแกรงกรองขยะเพิ่มขึ้นหลังตะแกรงของสถานีสูบน้ำเสีย	2-10
2.2.1-1	แผนภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR ขนาดเล็ก ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา	2-11
2.2.1-2	แผนภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR ขนาดเล็ก ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา	2-12
2.2.2-1	แบคทีเรียที่เกาะติดบนผิวตัวกลางด้านในที่ติดตั้งในระบบบำบัดน้ำเสียจริง MBBR	2-13
3.2.1-1	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ)	3-32
3.2.1-2	แผนภาพแสดงระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ)	3-33
3.2.1-3	การปรับแก้ชุดตีนเป็น Guide Rail	3-34
3.2.1-4	การติดตั้งตะแกรงกรองขยะเพิ่มขึ้นหลังตะแกรงของสถานีสูบน้ำเสีย	3-35
3.2.1-5	แผนภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR ขนาดเล็ก ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา	3-36
3.2.1-6	ระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กแบบ MBBR ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา	3-36
3.2.2-1	แบคทีเรียที่เกาะติดบนผิวตัวกลางด้านในที่ติดตั้งในระบบบำบัดน้ำเสียจริง MBBR	3-38

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1-1	ต้นทุนการปลูกมอนสเตอร่า	3-10
3.1-2	ต้นทุนการปลูกดาวเรือง	3-13
3.2.3-1	คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ) จ.ชลบุรี ระหว่างเดือนมีนาคม-มิถุนายน พ.ศ. 2565	3-39
3.2.3-2	คุณลักษณะน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ) จ.ชลบุรี ระหว่างเดือนมีนาคม-มิถุนายน พ.ศ. 2565	3-39
3.2.3-3	คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR จำลอง ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพาระหว่างเดือนมีนาคม-มิถุนายน พ.ศ. 2565	3-40
3.2.3-4	คุณลักษณะน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR จำลอง ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพาระหว่างเดือนมีนาคม-มิถุนายน พ.ศ. 2565	3-41

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

การเกษตรสมัยใหม่เป็นแนวทางในการยกระดับรายได้ของเกษตรกรในอนาคต เนื่องจากทรัพยากรแรงงานและน้ำซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการผลิตทางการเกษตรนั้นมีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC) ซึ่งประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานและน้ำ (ชลบุรีและระยอง) กอรปกับการรุกล้ำของน้ำเค็มส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง (ฉะเชิงเทรา) ดังนั้น กระบวนการในการพัฒนาการเกษตรสมัยใหม่ที่ใช้เทคโนโลยีเพื่อลดแรงงานมนุษย์และควบคุมการใช้น้ำให้เกิดประประโยชน์สูงสุดจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาประเทศไทยอย่างยั่งยืน จากการลงพื้นที่ศึกษาความต้องการของภาคอุตสาหกรรมเกษตรและแปรรูปอาหารในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกพบว่า ทรัพยากรน้ำในเขตพื้นที่พิเศษภาคตะวันออกมีจำนวนจำกัดและไม่เพียงพอต่อความต้องการของภาคอุตสาหกรรม ในขณะที่พื้นที่ในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกนี้เป็นพื้นที่ที่ทำการเกษตรที่ต้องใช้ปริมาณน้ำสูง เช่น ทุเรียน ปาล์มน้ำมัน และ ยางพารา เป็นต้น ส่งผลให้เกิดปัญหาการแย่งชิงทรัพยากรน้ำกันระหว่างภาคอุตสาหกรรมและภาคการเกษตร ดังนั้น แนวทางหนึ่งในการบริหารจัดการน้ำอย่างยั่งยืน คือ การนำน้ำที่ผ่านการใช้งานแล้วมาบำบัดเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งในภาคอุตสาหกรรมได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าวไปในระดับหนึ่งแล้ว ในขณะที่ภาคการเกษตรและชุมชนยังไม่ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีนี้เท่าที่ควร ดังนั้นการพัฒนาการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดจากชุมชนมาใช้ประโยชน์ในภาคการเกษตรจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยจัดการทรัพยากรย้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกได้อย่างยั่งยืน ซึ่งจะช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิตและแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรของผู้ประกอบการเกษตรในกลุ่มอุตสาหกรรมเกษตรชีวภาพในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกได้ในอนาคต

นอกจากนี้ คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดนั้นจะสอดคล้องกับคุณภาพน้ำเสียก่อนผ่านการบำบัด กล่าวคือ สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ตกค้างในน้ำที่ผ่านการบำบัดนั้น ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณน้อยและไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่ในมุมมองของผู้บริโภคจะเข้าใจว่าพืชที่ปลูกนั้นดูดซับสารนั้นเข้าไปด้วย ซึ่งเป็นความจริงแค่บางส่วน เพราะระบบรากของพืชจะมีการกรองเฉพาะสารที่ไม่เป็นพิษขึ้นไปสู่ยอด แต่มีข้อยกเว้นสำหรับโลหะหนักบางชนิดที่พืชแต่ละชนิดดูดซึมได้ไม่เท่ากัน ดังนั้นการเลือกชนิดพืชที่ปลูกต้องเหมาะสมกับคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วย นอกจากนี้ธาตุอาหารหลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเราสามารถพบได้ในน้ำเสียก่อนการบำบัด ดังนั้นเราจึงสามารถเลือกระดับการบำบัดน้ำให้สอดคล้องกับคุณภาพน้ำก่อนการบำบัดและชนิดของพืชที่ปลูกเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน การใช้น้ำและปุ๋ย การใช้พลังงาน และ

ระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดน้ำอีกด้วย อย่างไรก็ตามพืชที่เหมาะสมในการปลูกโดยใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดจึงเป็นพืชในกลุ่มไม้ประดับ เพราะไม่ได้ส่งผลต่อการบริโภคของมนุษย์โดยตรง โดยพืชในกลุ่มนี้ที่มีแนวโน้มความต้องการมากขึ้นในอนาคตคือ ไม้ประดับฟอกอากาศที่สามารถดูดซับฝุ่นพีเอ็ม 2.5 ซึ่งเป็นปัญหาหลักของประเทศไทย และพรรณไม้น้ำที่มีความต้องการมากในปัจจุบัน โดยพืชทั้งสองประเภทนี้สามารถปลูกได้โดยการใช้น้ำเพียงอย่างเดียวทั้งในระบบไฮโดรโปนิกส์และระบบแอโรโพนิกส์ ดังนั้น การพัฒนาระบบการปลูกไม้ประดับฟอกอากาศและไม้น้ำ โดยใช้ระบบโรงเรือนอัจฉริยะและระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำ และสามารถสร้างอุตสาหกรรมเกษตรชีวภาพใหม่ในกลุ่มไม้ประดับและไม้น้ำซึ่งจะมีความต้องการมากในอนาคต นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้ประกอบการเกษตรลดการใช้ทรัพยากรมนุษย์ ทรัพยากรน้ำ และใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงที่สุด ซึ่งตอบสนองต่อการพัฒนาเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจสีเขียว และเศรษฐกิจหมุนเวียน (Bio-Circular-Green Economy : BCG Model) และสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดร่วมกับเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะ ให้กับภาคเกษตร ภาคชุมชน และภาคอุตสาหกรรม ในการพัฒนาต่อยอดเป็นผู้ประกอบการเกษตรสมัยใหม่ในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกต่อไป

ปัจจุบัน งานด้านวิศวกรรมน้ำเสียมีการนำแนวความคิดที่จะนำน้ำเสียนั้นกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) ในกิจกรรมต่างๆ หรือการหมุนเวียน (Recycle) มลพิษในน้ำเสียมาใช้เป็นทรัพยากรที่มีประโยชน์ต่อกิจกรรมต่างๆ มากขึ้น เช่น การนำธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียมาใช้เป็นปุ๋ยเพื่อใช้ในงานด้านเกษตรกรรม เป็นต้น น้ำเสียชุมชนก็เป็นแหล่งน้ำเสียอีกแหล่งหนึ่งที่มีธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สามารถนำมาใช้ในการเพาะปลูกพืชทางเศรษฐกิจได้ ส่งผลให้ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติมาผลิตเป็นปุ๋ยเคมี โดยเฉพาะธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ได้และมีอยู่อย่างจำกัดในธรรมชาติ การหมุนเวียนเอาธาตุอาหารเหล่านี้จากน้ำเสียมาใช้ใหม่จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจในขณะนี้ นอกจากนั้น น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วก็สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ ก็สามารถลดปัญหาวิกฤติของการขาดแคลนน้ำได้เช่นเดียวกัน จากประเด็นที่กล่าวมาข้างต้น ระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วจึงเน้นการผสมผสานระหว่างการบำบัดน้ำเสียเพื่อสามารถนำน้ำกลับมาใช้ใหม่และการหมุนเวียนทรัพยากรกลับมาใช้ใหม่ โดยระบบบำบัดน้ำเสียที่ได้รับความสนใจอย่างมากในต่างประเทศ แต่ยังไม่นิยมใช้ในประเทศไทย คือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) และระบบ Integrated Fixed Film Activated Sludge (IFAS) เพราะสามารถบำบัดน้ำเสียจนได้คุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้งภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ได้ เพราะระบบ MBBR และ IFAS มีตัวกลางติดตั้งอยู่ในถังปฏิกิริยาเพื่อให้แบคทีเรียถูกตรึงอยู่บนผิวตัวกลางกลายเป็นชั้นไบโอฟิล์ม ส่งผลให้ปริมาณแบคทีเรียของระบบมีมากขึ้น โดยระบบ MBBR และ IFAS มีทั้งแบคทีเรียแบบแขวนลอยและไบโอฟิล์มทำงานร่วมกันในระบบ โดยระบบ MBBR มีขนาดกะทัดรัด ใช้พื้นที่

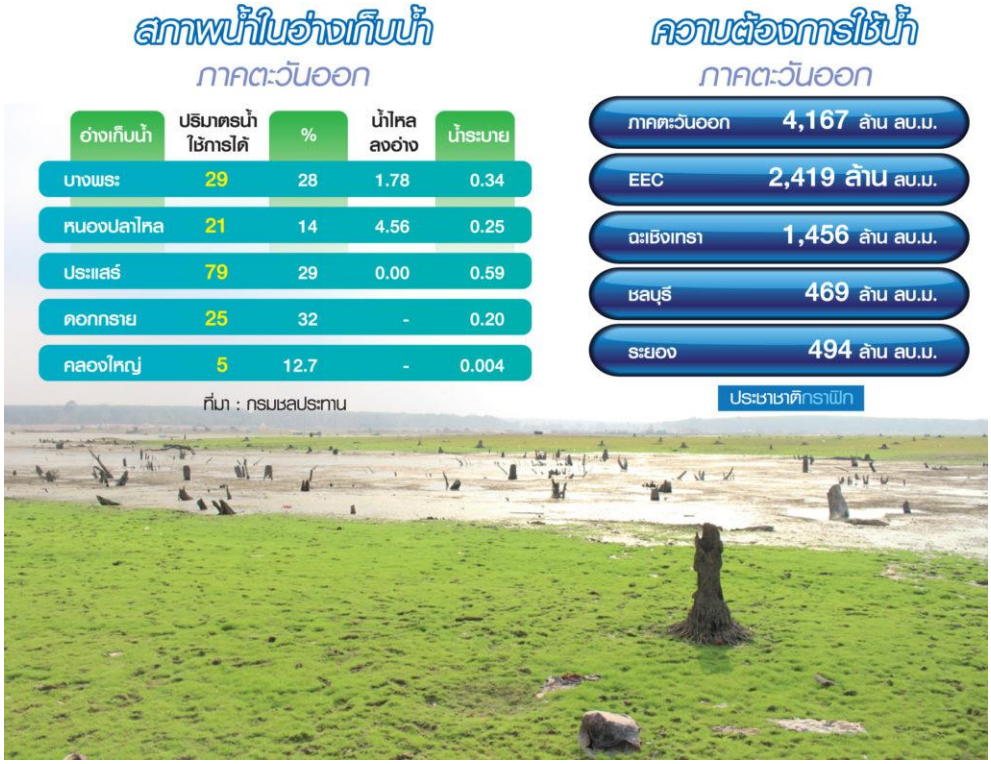
น้อย มีพื้นที่ผิวจำเพาะจำนวนมาก รองรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading Rates) มากๆ ได้ที่ระยะเวลาเก็บกักทางชลศาสตร์ (Hydraulic Retention Time, HRT) น้อยๆ อย่างไรก็ตาม ระบบ MBBR มีข้อเสียด้านการสิ้นเปลืองพลังงานมากเนื่องจากจำเป็นต้องมีการเติมอากาศตลอดเวลาเพื่อให้ออกซิเจนและให้ตัวกลางแขวนลอยอยู่ในถังปฏิกิริยาได้ ส่วนระบบ IFAS นั้นมีข้อแตกต่างกับระบบ MBBR ตรงที่ระบบ IFAS มีการหมุนเวียนกากตะกอนกลับเข้าสู่ถังปฏิกิริยาเติมอากาศจากถังตกตะกอน ทำให้ระบบมีปริมาณแบคทีเรียประเภทแขวนลอยสูงกว่าระบบ MBBR สามารถควบคุมระบบให้มีค่าอายุสลัดจ์ตามที่กำหนดได้ ขณะที่ระบบ MBBR นั้น มีเพียงแบคทีเรียที่หลุดลอกออกจากผิวตัวกลางเท่านั้น ระบบ MBBR และ IFAS นั้นถูกนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียอย่างแพร่หลายเพื่อกำจัดสารอินทรีย์และธาตุอาหารทางชีวภาพ เพราะระบบทั้งสองมีประสิทธิภาพสูง ดังนั้น หากสามารถนำระบบทั้งสองมาบำบัดจนได้น้ำทิ้งที่มีคุณภาพดีตามมาตรฐานน้ำทิ้งและได้ตามเกณฑ์การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้ ก็สามารถลดปัญหาการขาดแคลนน้ำได้ และหากสามารถบำบัดน้ำเสียจนสามารถดึงเอาธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสออกจากน้ำเสียมาหมุนเวียนใช้ประโยชน์ เช่น การเพาะปลูกพืช โดยเฉพาะการปลูกน้ำในระบบโรงเรือนที่เป็นแบบไฮโดรโปนิกส์ ก็จะสามารถลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้ ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายเศรษฐกิจแบบหมุนเวียนได้ตามนโยบายของรัฐได้

1.2 แนวคิดและเป้าหมาย

เป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่า สถานการณ์น้ำในภาคตะวันออกกำลังเข้าสู่สภาวะขาดแคลนน้ำอย่างชัดเจนและมีความรุนแรงมากขึ้นตามลำดับ ดังจะเห็นได้จากรายงานข่าวสถานการณ์น้ำเมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 (ประชาชาติธุรกิจ, 2563) ที่พบว่า ปริมาณน้ำที่ใช้การได้ในอ่างเก็บน้ำต่างๆ เหลืออยู่น้อยมาก ดังภาพที่ 1 ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของภาคตะวันออก ที่มีความต้องการใช้น้ำเท่ากับ 4,167 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยจังหวัดที่อยู่ในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC) มีความต้องการใช้น้ำสูงถึง 2,419 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี คิดเป็นร้อยละ 58.1 ความต้องการใช้น้ำส่วนใหญ่นั้นอยู่ที่ภาคเกษตรกรรมและรองลงมาอยู่ในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 74 และร้อยละ 17 ตามลำดับ ของปริมาณความต้องการใช้น้ำทั้งหมด ทำให้มีแนวโน้มว่าอาจเกิดปัญหาการแย่งน้ำระหว่างภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรมขึ้นอย่างแน่นอนในอนาคต ทั้งนี้ ยังไม่นับรวมถึงความต้องการใช้น้ำสำหรับการอุปโภค-บริโภคของประชาชนในพื้นที่อีกด้วย อีกทั้งความรุนแรงของวิกฤติขาดแคลนน้ำจะมีมากขึ้นอีกด้วยเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก (Climate Change)

จากนโยบายของภาครัฐในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทยจากระบบเศรษฐกิจแบบเส้นตรง (Linear Economy) เป็นระบบเศรษฐกิจแบบหมุนเวียน (Circular Economy) ทำให้มีความมุ่งเน้นการ

อนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น และใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด การบำบัดน้ำเสียนั้นก็มีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจแบบหมุนเวียนได้เช่นเดียวกัน โดยการมุ่งเน้นการนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) และการหมุนเวียน (Recycle) ของมลพิษต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งแตกต่างจากอดีตที่มุ่งเน้นการกำจัดมลพิษจากน้ำเสีย (IWA, 2016) ทั้งนี้ เป็นเพราะว่า น้ำเสียมีทรัพยากรที่มีคุณค่าต่างๆ เช่น กากตะกอนชีวภาพ (Sludge) ที่มีธาตุอาหารต่างๆ (Verstraete & Vlaeminch, 2011) หรือน้ำทิ้งหลังการบำบัดก็สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกครั้ง จึงทำให้มีแนวความคิดใหม่ที่ระบุว่าน้ำเสียนั้นเป็นทรัพยากร (Resources) ที่มีคุณค่าแทนที่จะเป็นของเสีย (Waste) ที่ต้องกำจัดอีกต่อไป สำหรับน้ำเสียชุมชนนั้น พบว่า กากตะกอนชีวภาพมีธาตุอาหารที่สำคัญ เช่น ธาตุอาหารไนโตรเจนร้อยละ 2.5-5.0 และธาตุอาหารฟอสฟอรัสอยู่ร้อยละ 0.5-0.7 ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยสำหรับการปลูกพืชได้ (Tyagi & Lo, 2013) ทำให้ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติมาใช้เป็นปุ๋ยเคมี โดยเฉพาะฟอสฟอรัสนั้นเป็นธาตุอาหารที่ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ได้และมีอยู่อย่างจำกัดในธรรมชาติ ทำให้การหมุนเวียนเอาธาตุอาหารเหล่านี้จากน้ำเสียมาใช้ใหม่เป็นประเด็นที่น่าสนใจในขณะนี้ นอกจากนั้น น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วก็สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ สามารถลดปัญหาวิกฤติของการขาดแคลนน้ำได้อีกด้วย จากประเด็นที่กล่าวมาข้างต้น ระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วจึงเน้นการบำบัดน้ำเสียเพื่อนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่และการหมุนเวียนทรัพยากรในน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่



ภาพที่ 1.2-1 ข้อมูลสถานการณ์น้ำในจังหวัดชลบุรีและระยอง (ประชาชาติธุรกิจ, 2563)

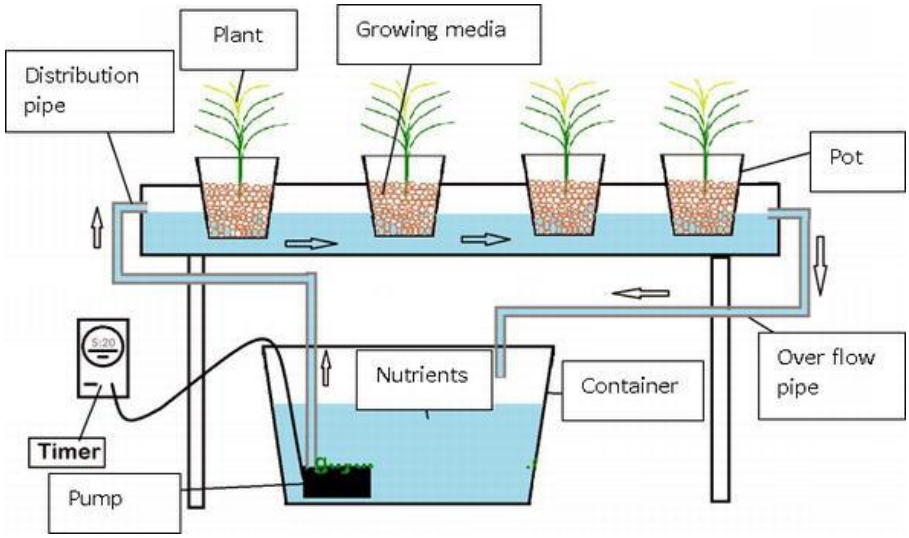
สำหรับการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่นั้น คุณภาพของน้ำทิ้งต้องมีคุณภาพน้ำที่ดีเพียงพอต่อการใช้ประโยชน์นั้น คุณภาพน้ำทิ้งที่สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้ของกลุ่มสหภาพยุโรปประเภท A นั้นสามารถนำมาใช้สำหรับปลูกพืชที่นำไปบริโภคได้ ต้องมีความเข้มข้น BOD_5 น้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งแขวนลอย TSS น้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ความขุ่นน้อยกว่า 5 NTU และ *E. coli* น้อยกว่า 10 cfu/100 mL (Alcalde-Sanz, L. & Gawlik, B.M., 2017) คุณภาพของน้ำทิ้งที่มีค่าต่ำกว่านี้ เช่น ประเภท D สามารถนำกลับมาใช้ในงานอุตสาหกรรมหรือปลูกพืชอื่นๆ ที่ไม่ใช้สำหรับบริโภคได้ เสนีย์ กาญจนวงศ์ และคณะ (2545) ได้นำน้ำเสีย น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นต้น น้ำทิ้งจากระบบเอเอส (Activated Sludge) และน้ำทิ้งจากบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) มาทดลองเพาะปลูกพืช ได้แก่ ข้าว ผักคะน้ำ กะหล่ำปลี และดอกแอสเตอร์ ในห้องปฏิบัติการและพื้นที่เกษตรกรรมจริง โดยมีการประเมินผลกระทบด้านการปนเปื้อนและผลิตผลทางการเกษตร ผลการทดลอง พบว่า น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอสและบ่อเติมอากาศนั้นปลอดภัยที่จะนำมาใช้ในงานเกษตรกรรม ผลผลิตมีความปลอดภัยจากโลหะหนักและพยาธิ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไม่แตกต่างจากการใช้น้ำตามธรรมชาติ ผลการทดลองในพื้นที่จริง เกษตรกรรายงานว่า ให้ผลผลิตดีกว่าน้ำบาดาลตามธรรมชาติในการเพาะปลูกข้าว ผัก และดอกแอสเตอร์โดยใช้น้ำทิ้งจากระบบเอเอส จากผลการศึกษา ทำให้มีข้อสมมติฐานว่า หากนำน้ำทิ้งที่มีคุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้งเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่ในการเพาะปลูกไม้ประดับและพรรณไม้น้ำที่เพาะปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ในระบบโรงเรือนอัจฉริยะที่มีการใช้น้ำจำนวนมาก หรือหากน้ำทิ้งมีคุณภาพที่ดีกว่านี้ ก็จะสามารถนำมาเพาะปลูกพืชที่ใช้ในการบริโภคได้ ทำให้เกิดผลดีต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจควบคู่ไปกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมภายใต้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนที่ขับเคลื่อนตามนโยบายของรัฐได้

ข้อสนับสนุนหนึ่งในการใช้น้ำทิ้งในการทำเกษตรกรรมนั้นคือการที่มนุษย์ใช้ของเสียที่ขับถ่ายออกมาในการเพิ่มการเจริญเติบโตของพืช โดยในของเสียเหล่านี้สิ่งที่สำคัญที่สุดในการเร่งการเจริญเติบโตของพืชคือสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในกลุ่มไนโตรเจน ซึ่งพบมากในปัสสาวะของมนุษย์และสัตว์ โดยเมื่อถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียจะเกิดการปลดปล่อยแอมโมเนียออกมาและส่งกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งในความเข้มข้นที่สูงจะส่งผลให้รากพืชเสียหายได้ และตายในที่สุด ดังนั้นในการปลูกพืชสมัยใหม่จึงไม่นิยมใช้ของเสียจากมนุษย์โดยเฉพาะปัสสาวะเพราะไม่ถูกหลักอนามัย อย่างไรก็ตามสารอาหารเหล่านี้ยังพบได้ในน้ำทิ้งจากชุมชนซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ การบำบัดน้ำเสียจากชุมชน คือ การกำจัดสารที่ไม่พึงประสงค์สำหรับมนุษย์เพื่อนำน้ำที่ผ่านการบำบัดมาใช้ในการอุปโภคและบริโภค และเพื่อประโยชน์ในการรักษาสภาพแวดล้อม รัฐบาลจึงได้ออกมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งขึ้นเพื่อกำกับให้โรงงานอุตสาหกรรมและชุมชนปล่อยน้ำที่จะไม่ก่อให้เกิดมลพิษออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ โดยกำหนดค่ามาตรฐานของสารต่างๆ หลายชนิด อาทิเช่น โลหะ

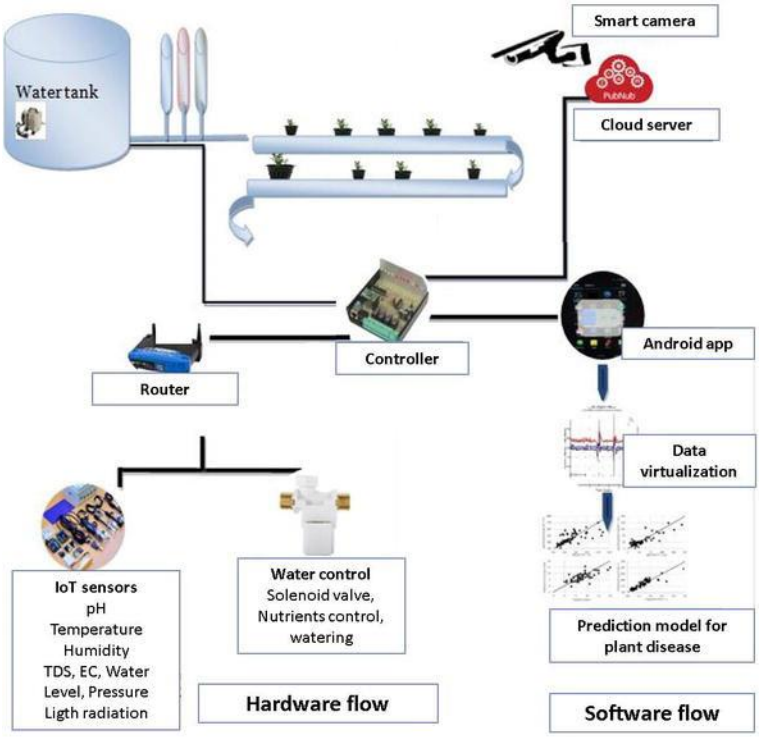
หนัก คลอรีน และไนโตรเจนทั้งหมด เป็นต้น ซึ่งน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดนั้นมีการควบคุมคุณภาพหลายระดับขึ้นกับว่าจะนำน้ำนั้นไปใช้ประโยชน์ประเภทใดต่อ เช่น ถ้าเป็นน้ำดิบที่จะนำไปใช้น้ำประปาต้องมีการวัดปริมาณโซเดียม และความปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิตเพิ่มเติมเป็นต้น

ในทางกลับกันสารอินทรีย์และอนินทรีย์ในน้ำทิ้งเหล่านี้ หลายชนิดเป็นสารที่พืชต้องการ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม เหล็ก แคลเซียม แมกนีเซียม และสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชอีกหลายชนิดที่เป็นผลผลิตจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ในขณะที่หลายชนิดมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตพืช เช่น โซเดียม ไขมัน และโลหะหนัก เป็นต้น ดังนั้นในกระบวนการนำน้ำเสียจากชุมชนกลับมาใช้ในการเกษตรนั้นจึงเป็นแนวทางที่จะนำน้ำและสารอาหารในน้ำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่า โดยต้องมีการศึกษากระบวนการและระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดน้ำต่อปริมาณสารอาหารและแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชในน้ำ เทียบกับปริมาณสารที่ยับยั้งการเจริญเติบโตพืชและสารที่ส่งกลิ่นไม่พึงประสงค์ เช่น สารไนกลุ่มไนโตรเจน ซึ่งยิ่งใช้ระยะเวลานานและไม่มีออกซิเจนจะถูกเปลี่ยนโดยจุลินทรีย์เป็นแอมโมเนียและระเหยออกไป ในขณะที่โพแทสเซียมจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดหรือย่อยสลายเพราะเป็นธาตุที่ละลายน้ำได้ดี เพื่อให้ได้ระดับที่เหมาะสมในการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดทางการเกษตรต่อไป

เพื่อให้สามารถใช้และควบคุมน้ำและควบคุมการผลิตพืชได้อย่างเป็นระบบ ระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ (ภาพที่ 1.2-2) สามารถนำมาใช้ควบคู่ไปกับระบบโรงเรือนอัจฉริยะที่สามารถควบคุมสภาวะความชื้นและปรับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชได้ (ภาพที่ 1.2-3) เมื่อใช้ร่วมกับระบบวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดอัตโนมัติ โดยมีการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและโลหะหนักเพิ่มเติม จะทำให้ผู้ประกอบการเกษตรหรือวิสาหกิจชุมชนสามารถผลิตพืชได้โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะทรัพยากรแรงงานและทรัพยากรน้ำ ซึ่งจะควบคุมได้ดีกว่าการใช้ดิน เพราะพื้นที่ผิวดินที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้น้ำระเหยออกไปมากกว่า และความไม่สม่ำเสมอของดินจะส่งผลให้เกิดการอุ้มน้ำที่ไม่เท่ากันของพืชแต่ละต้นทำให้ยากต่อการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ต้องการ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ปลูกในอีกปัจจัยหนึ่ง เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีการคายน้ำไม่เท่ากันแตกต่างไปตามการควบคุมการปิด-เปิดของปากใบ ขนาดของปากใบ และขนาดของราก เป็นต้น



ภาพที่ 1.2-2 ระบบปลูกไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำเวียนโดยรากจุ่มน้ำ (Deep Flow Technique; DFT) (Maldonada et al., 2019)



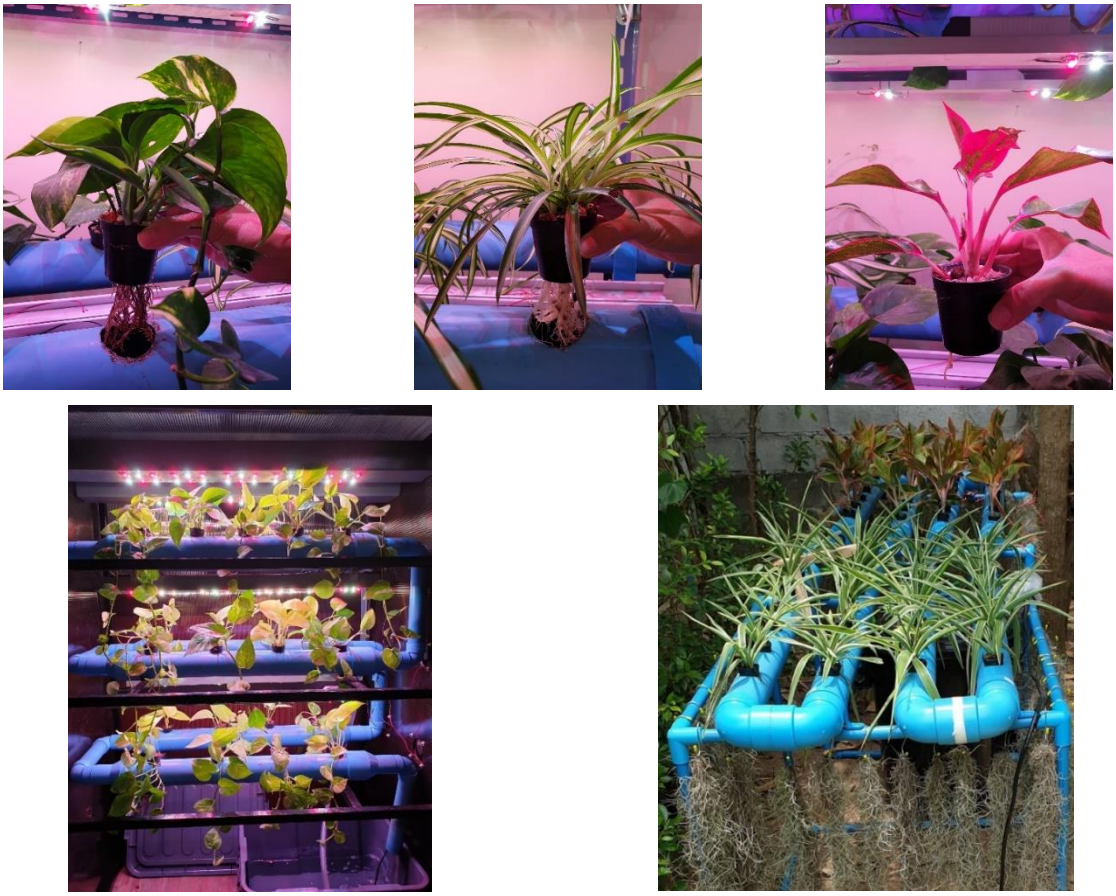
ภาพที่ 1.2-3 ระบบปลูกไฮโดรโปนิกส์อัจฉริยะแบบ DFT (Maldonada et al., 2019)

พืชที่ควรนำมาใช้ในระบบไฮโดรโปนิกส์ที่ใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดจากน้ำเสียชุมชนนั้น ในทางทฤษฎีเราสามารถปลูกพืชได้ทุกชนิด แต่ในทางปฏิบัติผู้บริโภคจะเกิดความไม่มั่นใจในการบริโภคพืชที่ปลูกในน้ำที่ผ่านการบำบัด ดังนั้นชนิดของพืชที่เลือกปลูกควรเป็นพืชที่มีราคาสูง มีตลาดรองรับ และมีคุณค่าอื่นนอกเหนือจากการปลูกไว้เป็นไม้ประดับ ทางเลือกหนึ่งคือไม้ประดับฟอกอากาศ เช่น เศรษฐีเรือนใน เศรษฐีเรือนนอก แก้ว

กาญจนา พลูด่าง พรมกำมะหยี่ เฟินขนนก คล้าแววมยุรา พลูปีกนก พลูอินโด กวักมรกต คล้ากาเหว่าลาย คล้านกยูง และเคราฤๅษี ซึ่งมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าไม้ประดับเหล่านี้มีคุณสมบัติในการบำบัดฝุ่นละอองที่ปนเปื้อนในอากาศ โดยเฉพาะฝุ่นละอองพีเอ็ม 2.5 (Cao et al., 2019; นวภา เฉยเจริญ และ วรรณวิทย์ แต้มทอง, 2563) โดยพืชที่มีคุณสมบัติดังกล่าวจะมีพื้นที่ผิวเยอะ มีขน ผิวมีขี้ผึ้งเคลือบหนา ร่องที่ผิวลึก มีปากใบขนาดใหญ่และมีจำนวนมาก (ภาพที่ 1.2-4) อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าพืชหลายชนิดจะมีคุณสมบัติที่ดี แต่มักจะเจริญเติบโตช้า ดังนั้นการพัฒนาการปลูกไม้ประดับฟอกอากาศระบบไฮโดรโปนิกส์ในโรงเรือนอัตโนมัติจะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพในการบำบัดฝุ่นพีเอ็ม 2.5 และประวิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณเพื่อใช้เป็นแนวทางในการเพาะเลี้ยงไม้ประดับฟอกอากาศหรือพรรณไม้น้ำในระดับอุตสาหกรรมในอนาคต ซึ่งจะเป็นการสร้างรายได้ผ่านกระบวนการนำน้ำที่ผ่านการบำบัด (เศรษฐกิจหมุนเวียน) มาใช้ในการผลิตพืชมูลค่าสูง (เศรษฐกิจชีวภาพ) เพื่อช่วยส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้น (เศรษฐกิจสีเขียว) ตามกรอบ BCG แบบครบวงจร

โดยเมื่อศึกษาราคาตลาดของไม้ประดับฟอกอากาศบางชนิด (กุมภาพันธ์ 2564) พบว่า ต้นเศรษฐีเรือนในและต้นเศรษฐีเรือนนอกขนาดในภาพที่ 1.2-4 มีราคาจำหน่ายตั้งแต่ 25 - 100 บาท/ต้น ต้นพลูด่าง มีราคาจำหน่ายตั้งแต่ 35 - 50 บาท/ต้น ต้นแก้วกาญจนามีราคาจำหน่ายตั้งแต่ 30 - 100 บาท/ต้น โดยไม้ประดับที่มีราคาสูงในปัจจุบัน* ได้แก่ ต้นมอนสเตอร่า หรือ พลูฉีก หรือ พลูแฉก (*Monstera deliciosa*) และไม้ด่างในกลุ่มอื่นๆ (ภาพที่ 1.2-5) ซึ่งมีราคาจำหน่ายที่สูงมาก โดยมีราคาจำหน่ายในตลาดตั้งแต่ 1,000 – 1,000,000 บาท (ภาพที่ 1.2-6) ดังนั้น ไม้ประดับในกลุ่มนี้จึงมีศักยภาพในการพัฒนาเพื่อปลูกในระบบโรงเรือนอัจฉริยะโดยใช้น้ำที่ผ่านการบำบัด และสามารถสร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการเกษตรที่สนใจได้ในอนาคต

* ทีมวิจัยมีเป้าหมายในการพัฒนาระบบปลูกสำหรับไม้ประดับที่มีราคาแพงในกลุ่มไม้ด่างในปัจจุบัน และไม้ประดับในกลุ่มไม้ฟอกอากาศ โดยเฉพาะ $PM_{2.5}$ ซึ่งในอนาคตจะเป็นที่ต้องการของตลาดแม้ไม้ประดับมูลค่าสูงจะหมดความนิยมลงไปแล้ว เนื่องจากปัญหา $PM_{2.5}$ เป็นปัญหาระดับชาติ และเป็นปัญหาที่กำลังทวีความรุนแรงขึ้นภายในระยะเวลา 10 ปีข้างหน้าซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนโดยตรง ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จะเป็นต้นน้ำให้กับโครงการการพัฒนาระบบปลูกไม้ประดับฟอกอากาศ $PM_{2.5}$ ในปัจจุบัน ซึ่งในอนาคตจะมีการนำไปใช้ในบ้าน โรงเรียน และโรงพยาบาล ดังนั้นชุมชนหรือเกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์จากโครงการนี้โดยการปลูกไม้ประดับฟอกอากาศดังกล่าวเพื่อส่งขายให้กับลูกค้าได้ เป็นธุรกิจเกษตรสมัยใหม่ เช่นเดียวกับตลาดพรรณไม้น้ำที่ใช้ในการประดับตู้ปลาซึ่งปัจจุบันมีมูลค่าทางการตลาดสูงอยู่แล้ว และสามารถใช้ระบบในโครงการนี้ปลูกพรรณไม้น้ำได้เช่นกัน ถึงแม้ว่าไม้ประดับราคาสูงจะหมดความนิยมไปแล้วก็ตาม

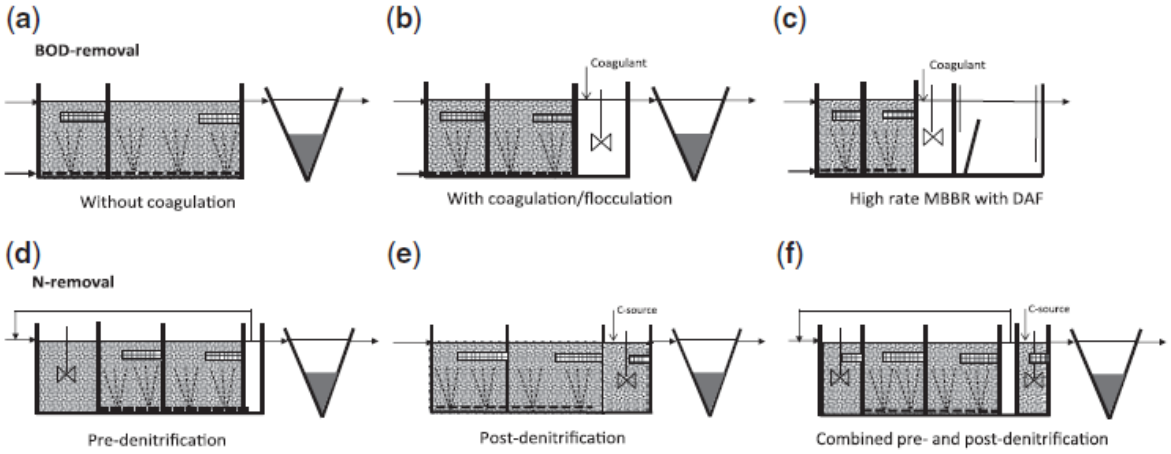


ภาพที่ 1.2-4 ตัวอย่างไม้ประดับฟอกอากาศที่เจริญเติบโตในระบบไฮโดรโปนิกส์ ได้แก่ พลูด่าง (บนซ้าย) เศรษฐีเรือนใน (บนกลาง) และแก้วกาญจนา (บนขวา) ที่ปลูกภายในอาคาร (ล่างซ้าย) และภายนอกอาคาร (ล่างขวา)

ภาพที่ 1.2-5 ตัวอย่างไม้ประดับราคาสูง ได้แก่ ต้นมอนสเตอร่าด่าง (ซ้าย) ต้นพลูฉลุด่าง (กลาง) และไม้ประดับด่างชนิดอื่นๆ (ขวา)

ภาพที่ 1.2-6 ราคาไม้ประดับด่างพรีเมี่ยมชนิดต่างๆ (https://www.facebook.com/TheLuxuryProjects/)

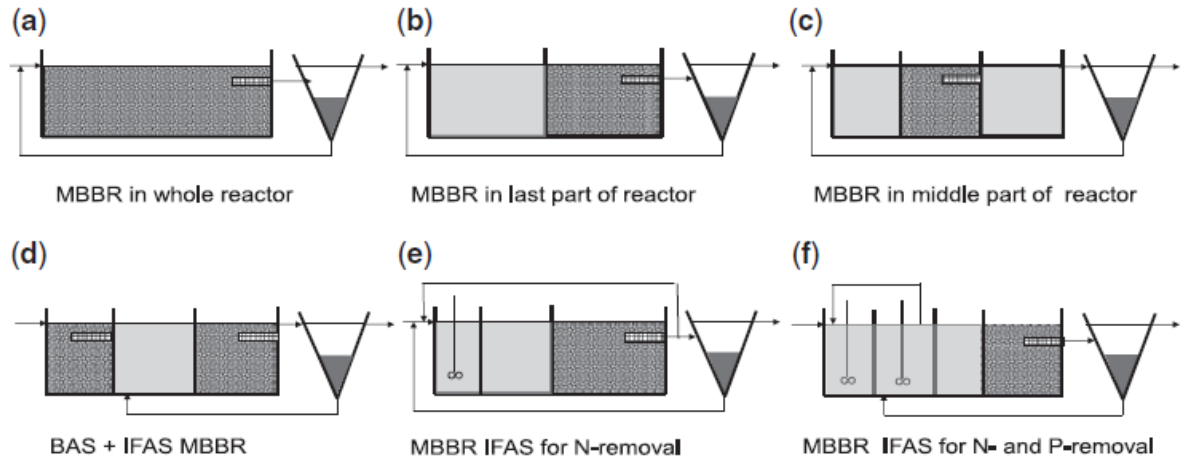
สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียประเภทหนึ่งที่ได้รับความสนใจในปัจจุบันที่สามารถบำบัดน้ำเสียจนได้คุณภาพน้ำทิ้งที่เป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งและสามารถนำมาใช้ในการดึงทรัพยากรออกมาจากน้ำเสียได้ คือ ระบบ Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) ดังภาพที่ 1.2-7 โดยระบบ MBBR ใช้ตัวกลางเติมลงในถังปฏิกิริยาเพื่อให้แบคทีเรียตรึงอยู่บนผิวตัวกลางกลายเป็นชั้นไบโอฟิล์ม (Ødegaard, 2006) ตัวกลางเหล่านี้แขวนลอยอยู่ในถังปฏิกิริยาด้วยวิธีการเติมอากาศ หรือการกวนผสมด้วยใบกวนทางกลในสภาวะที่ไม่ใช้อากาศ ทำให้ระบบ MBBR มีแบคทีเรียทั้งแบบแขวนลอยและแบบไบโอฟิล์มทำงานร่วมกัน ทั้งนี้ ระบบ MBBR เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีขนาดกะทัดรัด ใช้พื้นที่น้อย มีพื้นที่ผิวจำเพาะจำนวนมากสำหรับการถ่ายโอนมวลสารจากน้ำเสียไปยังชั้นไบโอฟิล์ม รองรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading Rates) มากๆ ได้ที่ระยะเวลาเก็บกักทางชลศาสตร์ (Hydraulic Retention Time, HRT) น้อยๆ ได้ และยังทำให้ได้คุณภาพน้ำทิ้งที่ดีอีกด้วย (Leyva-Díaz et al., 2014) อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยี MBBR นี้สิ้นเปลืองพลังงานมากเนื่องจากจำเป็นต้องมีการเติมอากาศเพื่อให้ออกซิเจนและให้ตัวกลางแขวนลอยอยู่ในถังปฏิกิริยาได้



ที่มา: (Ødegaard, 2018)

ภาพที่ 1.2-7 ระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR รูปแบบต่างๆ เพื่อการกำจัดสารอินทรีย์และธาตุอาหารไนโตรเจน

ระบบบำบัดน้ำเสียอีกระบบหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสูง คือ ระบบ Integrated Fixed Film Activated Sludge (IFAS) ดังภาพที่ 1.2-8 ซึ่งเป็นระบบที่ติดตั้งตัวกลางลงในถังเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคทิเวเต็ดสลัดจ์ ทำให้เกิดการตรึงแบคทีเรียบนผิวตัวกลางกลายเป็นชั้นไบโอฟิล์มบนผิวตัวกลาง ทำให้ระบบ IFAS มีแบคทีเรีย 2 ประเภท ทำงานร่วมกันภายในถังปฏิกิริยาเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียแอคทิเวเต็ดสลัดจ์ (Sriwiriyarat et al., 2008) ซึ่งระบบ IFAS มีความคล้ายคลึงกับระบบ MBBR แตกต่างกันที่ระบบ IFAS นั้นมีการหมุนเวียนกากตะกอนจากถังตกตะกอนกลับไปยังถังปฏิกิริยาเติมอากาศ (Ødegaard, 2018) ทำให้สามารถควบคุมระบบให้มีค่าอายุสลัดจ์ได้ อย่างไรก็ตาม ระบบ IFAS จำเป็นต้องมีการจัดการกากตะกอนชีวภาพที่เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ระบบ MBBR นั้น มีเพียงชีวมวลหลุดออกจากผิวตัวกลางประมาณ 150-250 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่านั้น ทำให้การจัดการกากตะกอนของระบบ MBBR น้อยกว่าระบบ IFAS ทั้งนี้ ระบบ MBBR และ IFAS นั้นถูกนำมาบำบัดน้ำเสียอย่างแพร่หลายเพื่อกำจัดสารอินทรีย์และธาตุอาหารชีวภาพ



ที่มา: (Ødegaard, 2018)

ภาพที่ 1.2-8 ระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR ที่มีการประยุกต์ร่วมกับระบบ IFAS

1.3 วัตถุประสงค์

1. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการประหยัดน้ำและการใช้น้ำทิ้ง และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องให้ทันสมัย
2. พัฒนาระบบต้นแบบของการใช้เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียและการใช้น้ำทิ้งที่ทันสมัยและเหมาะสมกับการพัฒนาพื้นที่ EEC ในอนาคต
3. พัฒนาบุคลากรเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบ MBBR แก่บุคลากรด้านการบำบัดน้ำเสีย และการใช้น้ำทิ้งเพื่อรองรับการจัดการด้านอุปสงค์ให้กับกลุ่มผู้เกี่ยวข้อง เช่น กลุ่มผู้ประกอบการ กลุ่มเกษตรกร และผู้สนใจทั่วไป เป็นต้น
4. เผยแพร่ข้อมูล เทคโนโลยีการประหยัดน้ำและการใช้น้ำซ้ำ ผ่านช่องทางต่างๆ

1.4 ขอบเขตโครงการ

พื้นที่ครอบคลุมพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก ประกอบไปด้วย จังหวัดระยอง ชลบุรี และฉะเชิงเทรา

1. กลุ่มเป้าหมายในการพัฒนา คือ คณาจารย์ วิศวกร เจ้าหน้าที่จากองค์การบริหารส่วนท้องถิ่น เจ้าหน้าที่จากภาคการเกษตร และเจ้าหน้าที่จากภาคอุตสาหกรรมและภาคบริการ
2. กลุ่มภาคเกษตร เน้นกลุ่มเกษตรกรที่มีความสนใจในการนำน้ำที่บำบัดแล้วไปใช้ประโยชน์และกลุ่มเกษตรกรสมัยใหม่ในแต่ละจังหวัด

3. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและระบบการประหยัดน้ำ การบำบัดน้ำเสีย และการใช้น้ำที่ทันสมัยและเหมาะสมที่จะใช้ในพื้นที่ EEC รวมถึงการทบทวนและประมวลความรู้เทคโนโลยีที่มีอยู่แล้วมาพัฒนาต่อยอดให้ทันสมัยขึ้นและถ่ายทอดต่อได้

4. ต้นแบบโรงเรือนตัวอย่างจะใช้ร่วมกับสถานที่และอุปกรณ์ที่ได้มีการก่อสร้างไว้แล้ว โดยมีการพัฒนาปรับปรุงให้เป็นสถานที่ดูงานแสดงระบบ เทคโนโลยี การควบคุม การบำบัดน้ำเสียและการนำน้ำทิ้งมาใช้ประโยชน์ให้ทันสมัยและเหมาะสม

5. การถ่ายทอดพัฒนาบุคลากรเพื่อถ่ายทอดความรู้ด้านการจัดการด้านอุปสงค์ อาจใช้วิธีการอบรม ดูงาน และจัดสัมมนา ซึ่งจะมีเนื้อหาจากการทบทวนความรู้และกฎกติกาที่มี หรือจากงานวิจัยที่พัฒนาขึ้นเพื่อรองรับมาตรการส่งเสริมการประหยัดน้ำและการใช้น้ำซ้ำของผู้ประกอบการในอนาคต

6. เผยแพร่องค์ความรู้และเทคโนโลยีโดยใช้รูปแบบการมาดูงานสถานที่จริง และ/หรือ การถ่ายทอดผ่านทางสื่อ

1.5 ระเบียบวิธีวิจัยและขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ติดตั้งและปรับปรุงระบบโรงเรือนและระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR สำหรับโครงการวิจัย

2. ศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียให้เหมาะสมสำหรับการใช้น้ำทิ้งเพื่องานในภาคการเกษตร และการนำกลับมาใช้ใหม่

3. ติดตั้งระบบอัตโนมัติสำหรับการทำเกษตรอัจฉริยะ และระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กสำหรับการเกษตร

4. ปรับปรุงระบบไฮโดรโปนิกส์ และทดลองปลูกไม้ประดับ

5. สำรวจผู้ต้องการอบรมและเนื้อหาที่ต้องการทราบ เพื่อวางแผนการอบรมเผยแพร่

6. เดินระบบ เก็บข้อมูล ปริมาณและคุณภาพน้ำ ตั้งแต่น้ำเข้าระบบบำบัด และการนำไปใช้เพื่อการเกษตร

7. ทดลองเพาะเลี้ยงและเพิ่มจำนวนไม้ประดับโดยใช้น้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัด เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ปริมาณการใช้น้ำ การลดลงของธาตุอาหาร คุณภาพน้ำ และประเมินราคาต่อต้นทุนของไม้ประดับแต่ละชนิด

8. วิเคราะห์ผลตอบแทนและความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดในการปลูกไม้ประดับแต่ละชนิดเพื่อให้เหมาะสมต่อการจัดการถ่ายทอดเทคโนโลยี

9. จัดประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาทักษะสำหรับรองรับการใช้และถ่ายทอดเทคโนโลยี

10. จัดอบรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับกลุ่มผู้ประกอบการ กลุ่มเกษตรกร และผู้สนใจทั่วไป

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR ที่พร้อมใช้งาน

2. ระบบเกษตรอัจฉริยะที่ตอบสนองต่อความต้องการของเกษตรกรสมัยใหม่ และระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมต่อการใช้งานในภาคการเกษตร และสามารถควบคุมการใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. จำนวนและพื้นหลังของกลุ่มเป้าหมายในการจัดการอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีและแนวทางที่เหมาะสมในการเผยแพร่

4. ต้นแบบระบบบำบัดน้ำเพื่อการเกษตร และองค์ความรู้ด้านระบบบำบัด การควบคุมและการนำน้ำบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์

5. องค์ความรู้ด้านพรรณไม้ประดับ และไม้น้ำที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงในระบบน้ำบำบัดและต้นทุนและความเป็นไปได้ในเชิงธุรกิจของการปลูกไม้ประดับแต่ละชนิด

6. กระบวนการในการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดเพื่อใช้ในการปลูกไม้ประดับที่ให้ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจที่เหมาะสมสำหรับประชาชนแต่ละกลุ่ม

7. บุคลากรในภาครัฐ ภาคเกษตร ภาคอุตสาหกรรมและบริการมีความเข้าใจในองค์ความรู้และเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียและการนำน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์ รวมทั้งเกษตรกรและผู้สนใจในการนำน้ำบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์ จะเข้าใจและสามารถวางแนวทางการจัดระบบและนำเทคโนโลยีไปใช้ในแปลงของตนเอง

8. ต้นแบบระบบการเกษตรสมัยใหม่ที่ใช้น้ำที่ผ่านการบำบัด และการสร้างผู้ประกอบการเกษตรบนพื้นฐานองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยพัฒนาระบบบำบัด ควบคุมและการนำน้ำบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์ ในภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรชีวภาพ

9. การถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการจัดการด้านอุปสงค์จากโครงการตัวอย่างองค์ความรู้ที่ได้รับจากระบบบำบัด ควบคุมและการนำน้ำบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์ต่อกลุ่มเป้าหมาย

1.7 องค์ประกอบของรายงานฉบับสมบูรณ์

รายงานฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ ประกอบด้วยเนื้อหา 5 บท ที่การดำเนินงานในช่วง 10 เดือน (15 มิถุนายน 2564 - 16 เมษายน 2565)

- **บทที่ 1** บทนำ กล่าวถึง หลักการและเหตุผล แนวคิดและเป้าหมาย วัตถุประสงค์ ขอบเขตโครงการ ระเบียบวิธีวิจัยและขั้นตอนการดำเนินงาน ผลที่คาดว่าจะได้รับ
- **บทที่ 2** พัฒนาปรับปรุงระบบด้านการเกษตรและการบำบัดน้ำเสีย

- **บทที่ 3** ผลการดำเนินงานกิจกรรมด้านการเกษตรและการบำบัดน้ำเสีย
- **บทที่ 4** บทสรุปของโครงการที่เกี่ยวกับประโยชน์ ข้อเสนอแนะและปัญหา/อุปสรรค

บทที่ 2

พัฒนาปรับปรุงระบบด้านการเกษตรและการบำบัดน้ำเสีย

2.1 พัฒนาปรับปรุงระบบด้านการเกษตร

2.1.1 การปรับปรุงและต่อเติมระบบไฟฟ้า

การปรับปรุงและต่อเติมระบบไฟฟ้า เพื่อรองรับการติดตั้งระบบอัตโนมัติสำหรับการทำเกษตรอัจฉริยะจำนวน 20 จุด

ภาพที่ 2.1.1-1 การปรับปรุงและต่อเติมระบบไฟฟ้า

2.1.2 การติดตั้งกล้องวงจรปิด

การติดตั้งกล้องวงจรปิด ในโรงเรือนจำนวน 4 จุด เพื่อติดตามสภาพพืช

ภาพที่ 2.1.2-1 การติดตั้งกล้องวงจรปิด

2.1.3 การทดสอบติดตั้งระบบทำความเย็น

การทดสอบติดตั้งระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์จำนวน 4 ชุด เพื่อใช้ลดอุณหภูมิในถังปุ๋ย

ภาพที่ 2.1.3-1 ระบบระบายความเย็นแบบเพลเทียร์

2.1.4 การติดตั้งระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

การติดตั้งระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) เพื่อการเก็บข้อมูลค่าสภาวะต่างๆในการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ กล่องควบคุมพร้อมหน้าจอแสดงผลจะเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ เซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรดด่าง เซนเซอร์วัดค่าความเข้มแสง เซนเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้า และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และทำการส่งข้อมูลขึ้นไปเก็บไว้ในระบบแสดงผลข้อมูลของ ThingSpeak ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลย้อนหลังและแสดงข้อมูลได้ตามเวลาจริง สามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้ สะดวกแก่การเก็บข้อมูลในงานวิจัย

2.1.5 การติดตั้งแปลงสาธิตการใช้งานระบบ HandySense

HandySense เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ประโยชน์จากระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) นำมาใช้ในการควบคุมสภาวะให้เหมาะสมแก่การเพาะปลูกพืช ระบบใช้งาน

ภาพที่ 2.1.5-1 ติดตั้งแปลงสาธิตการใช้งานระบบ HandySense

2.1.6 การติดตั้งระบบเซนเซอร์

เซนเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าสถานะ และสภาวะแวดล้อมต่างๆภายในแปลงปลูกหรือโรงเรือน ประกอบไปด้วยเซนเซอร์ 3 ชนิด คือ เซนเซอร์วัดค่าความชื้นดิน เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ และเซนเซอร์วัดค่าแสง

ภาพที่ 2.1.6-1 ติดตั้งแปลงสาธิตการใช้งานระบบเซนเซอร์

ผลการติดตั้ง พบว่า พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีแม้ได้รับการดูแลเพียงเล็กน้อย ช่วยลดภาระงานในการทำเกษตร

2.1.7 การปรับปรุงระบบพ่นหมอกควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือน

ระบบ HandySense ถูกใช้ควบคุมระบบพ่นหมอกเพื่อลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นในอากาศในบริเวณแปลงปลูกตลอดทั้งโรงเรือน ทดแทนระบบพ่นหมอกเดิมที่มีความชำรุดและเสียหาย อุปกรณ์สามารถทำงานได้ดี ระบบพ่นหมอกในโรงเรือนสามารถลดอุณหภูมิโดยรวมลงได้ประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 2.1.7-1 การปรับปรุงระบบพ่นหมอกควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือน

2.1.8 ติดตั้งระบบวัดค่าสภาวะต่างๆ ในดิน

ระบบติดตามค่าดินใช้เซ็นเซอร์ซึ่งสามารถวัดค่าได้ 5 ชนิด ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ความชื้นในดิน ค่าความเป็นกรดด่าง และค่าการนำไฟฟ้า รวมทั้งสามารถประยุกต์ใช้กับระบบปลูกพืชในดินเพื่อติดตามปริมาณแร่ธาตุและสภาวะของดินได้ ข้อมูลจะถูกนำไปฝากในเซิร์ฟเวอร์ของ ThingSpeak เช่นเดียวกับที่ใช้กับระบบไฮโดรโปนิกส์ ทำให้สะดวกในการเก็บข้อมูลและเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง

ภาพที่ 2.1.8-1 ติดตั้งระบบวัดค่าสภาวะต่างๆ ในดิน

2.1.9 การปรับปรุงระบบปลูกไฮโดรโปนิกส์

การปรับปรุงระบบปลูกไฮโดรโปนิกส์ มีการติดตั้งชุดปลูกไฮโดรโปนิกส์ชนิดน้ำลึกเพิ่มเติม และมีการปรับปรุงระบบการระบายอากาศในโรงเรือน

ภาพที่ 2.1.9-1 ชุดปลูกพืชชนิด Nutrient Film Technique หรือ NFT

ภาพที่ 2.1.9-2 ชุดปลูกพืชชนิด Deep Flow Technique หรือ DFT

การติดตั้งระบบน้ำขึ้นน้ำลงในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึกจำนวน 2 ชุด เพื่อเพิ่มการระบายอากาศให้แก่รากพืชและลดการเกิดการสะสมของจุลินทรีย์ที่ส่งผลให้เกิดโรครากเน่า

ภาพที่ 2.1.9-3 อุปกรณ์ควบคุมน้ำขึ้นน้ำลงในระบบไฮโดรโปนิกส์

2.1.10 การสำรวจเกษตรกร

การสำรวจเกษตรกรตัวแทนศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) จังหวัดชลบุรี จำนวน 70 คน ซึ่งสนใจกระบวนการผลิตน้ำเพื่อการเกษตรทั้งในส่วนน้ำที่บริสุทธิ์และในส่วนน้ำทิ้ง รวมถึงการใช้ประโยชน์ของน้ำในแต่ละส่วน

ภาพที่ 2.1.10-1 การสำรวจเกษตรกรตัวแทนศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร

การสำรวจสมาชิกชุมชนและวิสาหกิจชุมชนที่สนใจในการปลูกไม้ประดับมูลค่าสูง โดยใช้ระบบเกษตรสมัยใหม่ตำบลนาจอมเทียน และตำบลนาวังหิน จังหวัดชลบุรี จำนวน 20 คน

ภาพที่ 2.1.10-2 การสำรวจสมาชิกชุมชนและวิสาหกิจชุมชน

การสำรวจเกษตรกรที่สนใจการใช้ประโยชน์ของน้ำในแต่ละส่วน และเกษตรกรปราดเปรื่อง (Smart Farmers) จำนวน 40 คน ที่สนใจในการเข้ามาใช้พื้นที่เรียนรู้ของโครงการฯ ในการทดสอบและทดลองการทำเกษตรสมัยใหม่

ภาพที่ 2.1.10-3 การสำรวจเกษตรกรที่สนใจ และเกษตรกรปราดเปรื่อง

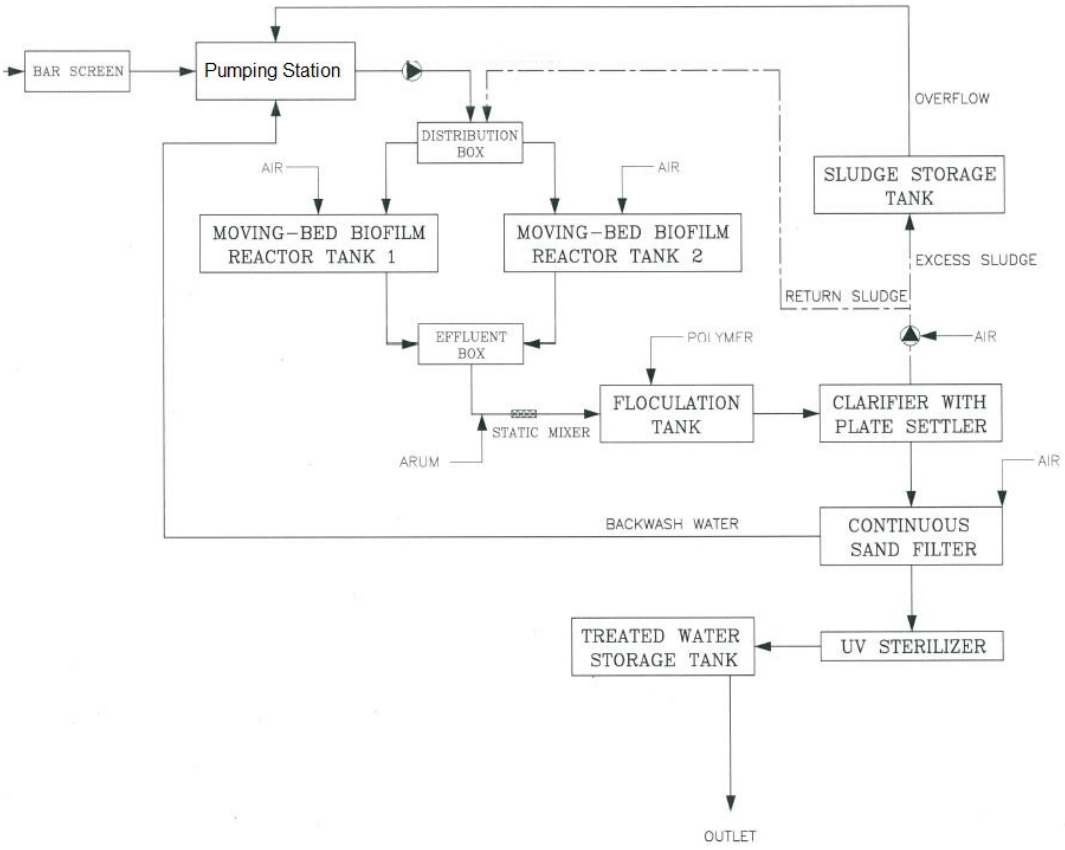
2.2 การติดตั้งและปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย

โครงการฯ ได้ดำเนินการย้ายระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพจริง (Full-scale Biological Wastewater Treatment Plant) แบบ Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) จากโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ข้างอาคารเรียนของฝ่ายการศึกษานานาชาติชั้นพื้นฐาน ไปยังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ) ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี เนื่องจากปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละ

วันจากอาคารดังกล่าวไม่เพียงพอต่อการทำงานของระบบที่ถูกออกแบบไว้ในระยะที่ 1 ซึ่งรองรับปริมาณน้ำเสีย 10-30 ลูกบาศ์กเมตรต่อวัน โดยต้องมีปริมาณน้ำเสียอย่างน้อย 10 ลูกบาศ์กเมตรต่อวัน เพื่อให้ระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าวทำงานได้ ทั้งนี้ เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ทำให้มีนักเรียนและบุคลากรมีจำนวนน้อยที่มาใช้งานของอาคารดังกล่าว การย้ายการติดตั้งดำเนินการเสร็จสิ้น ดังภาพที่ 2.2-1 ภายในระยะเวลา 3 เดือน ตามแผนงานที่กำหนด

ภาพที่ 2.2-1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ)

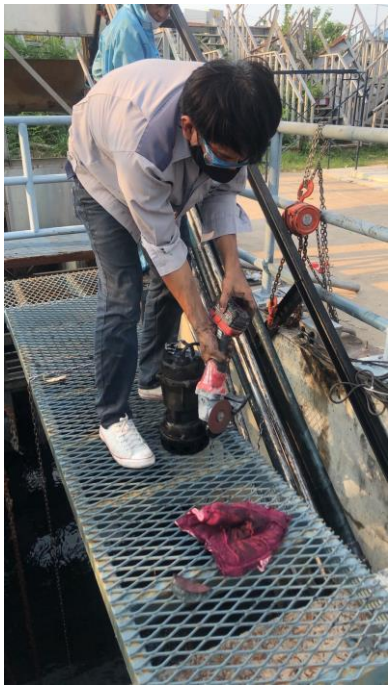
ปัจจุบัน ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบ MBBR มีการปรับเปลี่ยนแสดงดังภาพที่ 2.2-2 ประกอบด้วย สถานีสูบน้ำเสียหลังตะแกรง มีการสูบน้ำเข้าสู่ถังปฏิกิริยา MBBR ทั้งสองถัง น้ำเสียที่ไหลออกจากถัง MBBR ทั้งสองถังไหลออกจากถังไปตามเส้นท่อที่มีการติดตั้ง Static Mixer เพื่อเติมสารส้มที่เป็นสารสร้างตะกอน หลังจากจึงไหลเข้าสู่ถังกวนช้า (Flocculation Tank) เพื่อรวมตะกอนที่เกิดขึ้น หลังจากนั้น จึงตกตะกอนในถังกตะกอนที่มีการติดตั้งแผ่น Lamella ภายในถัง น้ำใสที่ได้จะถูกกรองภายในถังกรองทรายที่สามารถกรองทรายได้ต่อเนื่องด้วยระบบการล้างกลับอัตโนมัติ น้ำทิ้งหลังการกรองถูกฆ่าเชื้อด้วยแสงยูวีก่อนที่จะไหลเข้าสู่ถังเก็บน้ำทิ้ง เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ทั้งนี้ ถังปฏิกิริยา MBBR ทั้งสองถังมีการติดตั้งตัวกลางพลาสติกที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 500 ตารางเมตรต่อลูกบาศ์กเมตร ปริมาณร้อยละ 30 ของปริมาตรของถังทั้งหมด โดยมีถังปฏิกิริยาทั้งสองถังมีการติดตั้งหัวเติมอากาศ โดยใช้เครื่องเติมอากาศจำนวน 3 ชุด ทำงานสลับกันไป เพื่อเติมออกซิเจนในถังปฏิกิริยาสำหรับเป็นรับอิเล็กตรอนสุดท้ายสำหรับแบคทีเรียและการกวนผสมตัวกลางภายในถังปฏิกิริยา MBBR ทั้งสองถัง



ภาพที่ 2.2-2 แผนภาพแสดงระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ)

อย่างไรก็ตาม การติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ) พบปัญหาและอุปสรรคหลายอย่าง ดังนี้

ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ MBBR นั้น มีอัตราการสูบน้ำเสียไม่เท่ากันระหว่างปั๊มสูบ 2 ตัว ที่ติดตั้งอยู่ติดกัน ทำให้น้ำเสียที่ถูกสูบจากปั๊มตัวที่ 1 มีปริมาณน้ำเสียน้อยกว่าปั๊มตัวที่ 2 มาก โดยอัตราการไหลจากปั๊มตัวที่ 1 ยังไม่ได้ตามที่ออกแบบไว้ จากการวิเคราะห์และความพยายามการแก้ไขปัญหาระยะเวลาหนึ่ง พบว่า เฮดของปั๊มทั้งสองไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้หลังจากย้ายการติดตั้งจากการติดตั้งปั๊มในถัง Equalization มาเป็นการติดตั้งในบ่อของสถานีสูบน้ำเสียของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ต่อมา จึงมีการวิเคราะห์เฮดของปั๊ม พบว่า รองรับเฮด 6 เมตร แต่ปั๊มเดิมถูกติดตั้งในถัง Equalization ที่อยู่ต่ำกว่าระดับพื้นดินประมาณ 1 เมตร ทำให้เฮดของปั๊มเดิมเพียงพอต่อการสูบน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกิริยา MBBR ที่มีความสูงเท่ากับ 4.7 เมตร หลังจากปั๊มสูบน้ำถูกติดตั้งในบ่อของสถานีสูบน้ำเสียซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับพื้นดินประมาณ 4.50 เมตร ทำให้เฮดรวมเท่ากับ 9.2 เมตร ทำให้เฮดไม่เพียงพอ ทีมวิจัยจึงได้เปลี่ยนปั๊มสูบน้ำใหม่ทั้งสองตัวที่มีศักยภาพในการสูบน้ำเสียได้ในปริมาณที่มากขึ้น มีเฮดการดูดและส่งมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำเสียจากปั๊มทั้งสองตัวทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ นอกจากนั้น ยังพบว่า ชุดตีนเป็ด (Guide Rail) นั้นไม่สามารถประกบสนิทกับปั๊มได้ จึงได้ดำเนินการปรับแก้ชุดตีนเป็ด ดังภาพที่ 2.2-3



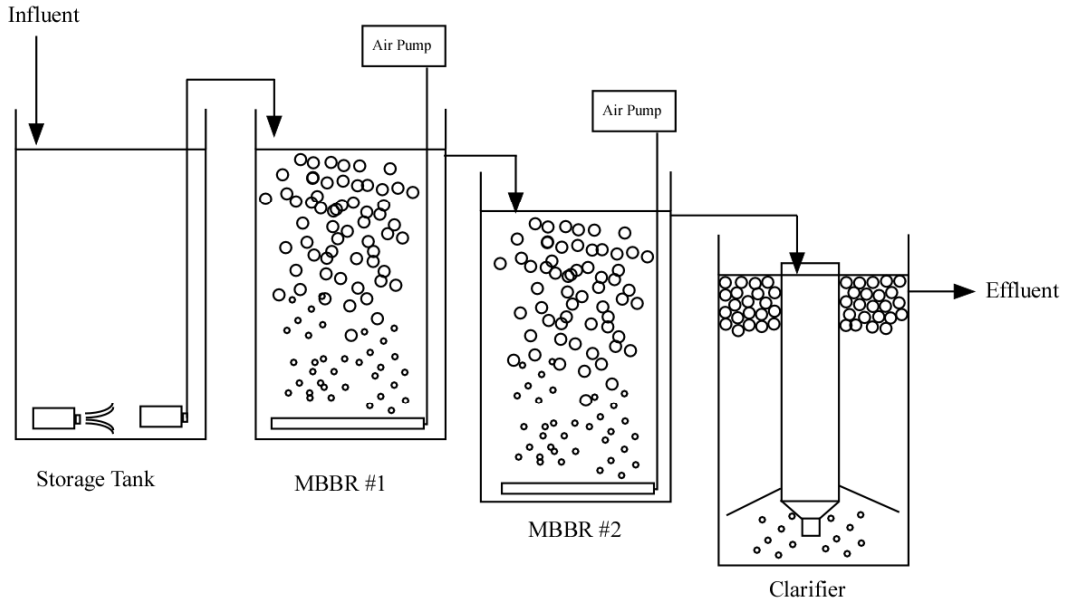
ภาพที่ 2.2-3 การปรับแก้ชุดตีนเป็ด

การอุดตันของขยะภายในเส้นท่อและอุปกรณ์ของระบบ เนื่องจากปั๊มสูบน้ำถูกติดตั้งในบ่อของสถานีสูบน้ำเสีย เนื่องจากน้ำเสียถูกสูบจากสถานีสูบน้ำเสียจริงที่มีขยะจำนวนมาก ต่อมา จึงได้ติดตั้งตะแกรงกรองขยะอีกชั้นหนึ่ง ดังภาพที่ 2.2-4

ภาพที่ 2.2-4 การติดตั้งตะแกรงกรองขยะเพิ่มขึ้นหลังตะแกรงของสถานีสูบน้ำเสีย

2.2.1 วิธีการบำบัดน้ำเสียสำหรับการใช้น้ำทิ้งเพื่องานในภาคการเกษตร

สำหรับโรงเรือน ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ทีมวิจัยได้จัดสร้างระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กสำหรับครัวเรือนและการเกษตรโดยการใช้ถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร จำนวน 4 ถัง ดังแผนภาพในภาพที่ 2.2.1-1 และภาพที่ 2.2.1-2 (ก) ประกอบด้วย

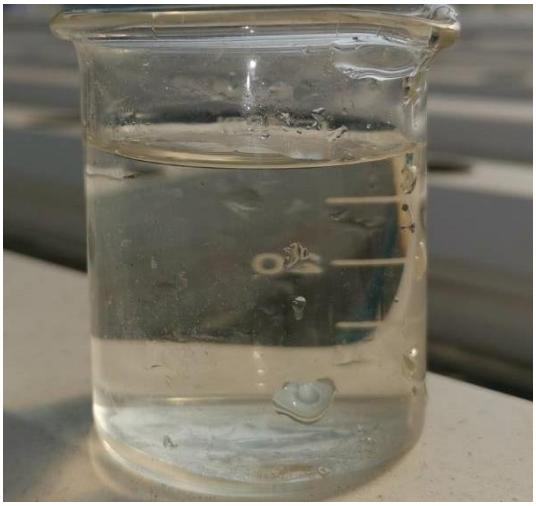


ภาพที่ 2.2.1-1 แผนภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR ขนาดเล็ก ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

(ก) ถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร

(ข) การเติมอากาศอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง

(ค) ถังตกตกอน



(ง) ลักษณะน้ำที่ผ่านการบำบัด

ภาพที่ 2.2.1-2 แผนภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR ขนาดเล็ก ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

ถังเก็บน้ำเสีย จำนวน 1 ถัง ซึ่งเป็นถังปรับเสมอของน้ำเสียที่มาจากถังที่สองของระบบ Onsite ของอาคาร ภายในถังมีการติดตั้งปั๊มขนาดเล็กที่ทำการกวนผสมตลอดเวลา ป้องกันการจมตัวของของแข็งแขวนลอยภายในถัง ถังมีการติดตั้งปั๊มน้ำขนาดเล็กเพื่อสูบน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกิริยา MBBR 1 อย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการไหล 1200 ลิตรต่อวัน อย่างไรก็ตาม ปั๊มน้ำขนาดเล็กนั้น ใช้กำลังไฟ 23 วัตต์ สามารถสูบน้ำได้สูงสุด 900 ลิตรต่อชั่วโมง ทำให้สามารถปรับอัตราการไหลเข้าสู่ระบบได้มากขึ้น

ถังปฏิกิริยา MBBR จำนวน 2 ถัง แต่ละถังมีการติดตั้งหัวทรายเติมอากาศจำนวน 3 หัว ต่อเชื่อมกับปั๊มลมเติมอากาศ ใช้กำลังไฟฟ้า 120 วัตต์ สามารถเติมอากาศได้ 100 ลิตรต่อนาที มีการเติมตัวกลางพลาสติกที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 500 ตารางเมตรต่อลูกบาศ์กเมตร ปริมาตร 40% ของปริมาตรถังทั้งหมด โดยมีการเติมอากาศอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ดังภาพที่ 2.2.1-2(ข)

ถังตกตกอน จำนวน 1 ถัง ภายในมีการเติมตัวกลางประเภทเดียวกันภายในถัง เพื่อเพิ่มระยะเวลาการตกตะกอนให้มากขึ้น ดังภาพที่ 2.2.1-2(ค)

2.2.2 ผลการศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียสำหรับการใช้น้ำทิ้งเพื่องานในภาคการเกษตร

หลังจากดำเนินการย้ายระบบบำบัดน้ำเสียจริงไปยังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ) และเริ่มเดินระบบ โดยการเติมหัวเชื้อที่นำมาจากนิคมอุตสาหกรรมปิ่นทอง จังหวัดชลบุรี เป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว พบว่า มีเชื้อแบคทีเรียเกาะติดบนผิวตัวกลางด้านใน ดังภาพที่ 2.2.2-1 โดยทีมออกแบบระบบได้กำหนดให้อัตราการไหลเข้าสู่ถังปฏิกิริยา MBBR ทั้งสองพร้อมกัน (14.14 ลูกบาศ์กเมตร) ด้วยอัตราการสูงสุดเท่ากับ 50 ลูกบาศ์กเมตรต่อวัน ทำให้น้ำเสียเข้าสู่แต่ละถังปฏิกิริยาสูงสุดเท่ากับ 25 ลูกบาศ์กเมตรต่อวัน ส่งผลให้มีระยะเวลาเก็บกักทางชลศาสตร์ (Hydraulic Retention Time, HRT) ต่ำสุดของแต่ละถัง

เท่ากับ 13.6 ชั่วโมง แต่หากมีการปรับเปลี่ยนปั๊มจนสามารถเพิ่มอัตราการไหลให้เข้าสู่แต่ละถังสูงสุดเท่ากับ 50 ลูกบาศ์กเมตรต่อวัน ก็จะทำให้ HRT ต่ำสุด เท่ากับ 6.8 ชั่วโมง เรียกรูปแบบการเดินระบบแบบนี้ว่า Single-stage MBBR system ซึ่งเน้นที่การกำจัดสารอินทรีย์ภายในถังปฏิกิริยา MBBR เป็นหลัก

ทีมวิจัยของโครงการได้ปรับเปลี่ยนรูปแบบการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ถังปฏิกิริยา โดยกำหนดให้เข้าสู่ถังปฏิกิริยา MBBR #1 ก่อน ต่อมา กำหนดให้ไหลออกจากถังปฏิกิริยา MBBR #1 เข้าสู่ถังปฏิกิริยา MBBR #2 เรียกรูปแบบนี้ว่า Two-stage MBBR system ทำให้เน้นการกำจัดสารอินทรีย์ในถังปฏิกิริยา MBBR #1 และเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในถังปฏิกิริยา MBBR #2 ตามลำดับ โดยระยะเวลา HRT ต่ำสุดของระบบยังคงเท่ากับ 13.6 ชั่วโมง โดยมีวัตถุประสงค์ของการกำจัดสารอินทรีย์ให้หมดสิ้นภายในถังปฏิกิริยา MBBR #1 เหลือแต่สารประกอบไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมไนโตรเจนเข้าสู่ถังปฏิกิริยา MBBR #2 เพื่อให้เกิดไนตริฟิเคชันโดยแบคทีเรียกลุ่ม Autotrophs เพื่อให้เกิดเป็นสารประกอบไนเตรทไนโตรเจนที่สามารถนำไปเป็นธาตุอาหารไนโตรเจนสำหรับพืชได้ต่อไป น้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีลักษณะทางกายภาพ ดังภาพที่ 2.2.2-1

ภาพที่ 2.2.2-1 แบคทีเรียที่เกาะติดบนผิวตัวกลางด้านในที่ติดตั้งในระบบบำบัดน้ำเสียจริง MBBR

ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กที่ติดตั้ง ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา มีวิธีการบำบัดเช่นเดียวกัน โดยแต่ถังปฏิกิริยา MBBR มีปริมาตรเท่ากับ 190 ลิตร โดยน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบเท่ากับ 1200 ลิตรต่อวัน ทำให้ระยะเวลาเก็บกักทางชลศาสตร์ เท่ากับ 7.6 ชั่วโมง น้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีลักษณะทางกายภาพ ดังภาพที่ 6(ง)

บทที่ 3

ผลการดำเนินงาน

3.1 ผลการดำเนินงานกิจกรรมด้านการเกษตร

3.1.1 การปลูกไม้ประดับ อาทิ มอนสเตอร่า พลูฉลุ และ อนูเบียส ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึก

- การปลูกพลูฉลุในระบบไฮโดรโปนิกส์ชนิดน้ำลึก

- การปลูกต้นมอนสเตอร่าในระบบไฮโดรโปนิกส์ชนิดน้ำลึก

- การปลูกต้นยางอินเดียในระบบไฮโดรโปนิกส์ชนิดน้ำลึก

- การปลูกเศรษฐีเรือนในในระบบไฮโดรโปนิกส์ชนิดน้ำลึก

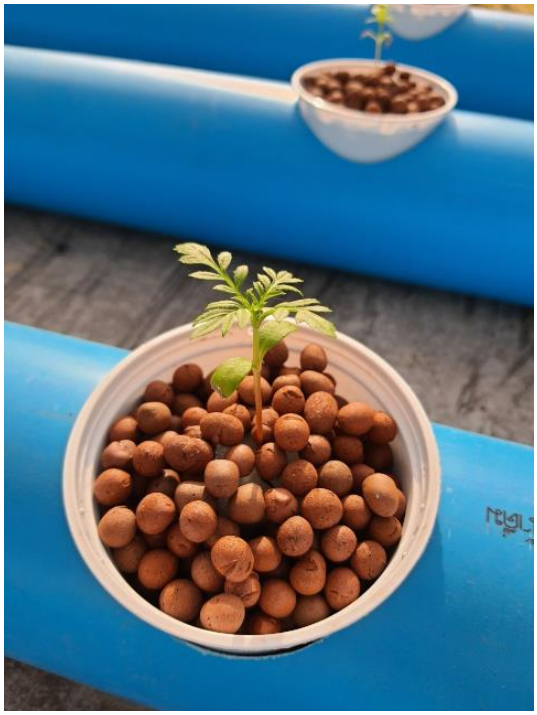
3.1.2 การปลูกไม้ประดับ อาทิ มอนสเตอร่า เศรษฐีเรือนใน และฟิโลเดนดรอน ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Nutrient Film Technique (NFT)

- การปลูกมอนสเตอร่าในระบบ NFT

- การปลูกเศรษฐีเรือนในในระบบ NFT

3.1.3 การปลูกดาวเรืองในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึก

- ดาวเรือง อายุประมาณ 10 วัน



- ดาวเรือง อายุประมาณ 30 วัน

- ดาวเรือง อายุประมาณ 90 วัน

- ดาวเรือง อายุประมาณ 100 วัน

3.1.4 การปลูกกุหลาบในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึก

3.1.5 การปลูกพืชผักในระบบไฮโดรโปนิกส์

การปลูกพืชผัก อาทิ ผักสลัดในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Nutrient Film Technique (NFT) และพืชผล*

- ผักสลัดอายุ 7-10 วัน

* การปลูกผักสลัดเพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการอบรมและให้ความรู้แก่ประชาชนที่สนใจเกี่ยวกับการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ เช่น กรีนโอ๊ค เรดคอส และผักกาดหอม ในระบบ Nutrient Film Technique (NFT) รวมถึงมีการทดลองปลูกพืชผล เช่น พริก และมะเขือเทศ ในระบบไฮโดรโปนิกส์ชนิดน้ำลึก

- ผักสลัดอายุ 20-30 วัน

- ผักสลัดตอนเก็บเกี่ยว

3.1.6 การปลูกพริกในระบบไฮโดรโปนิกส์ชนิดน้ำลึก*

- ต้นพริกอายุ 60 วัน

* ทดลองปลูกผักสลัดเพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการอบรมและให้ความรู้แก่ประชาชนที่สนใจเกี่ยวกับการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ เช่น กรีนโอ๊ค เรดคอส และผักกาดหอม ในระบบ Nutrient Film Technique (NFT) รวมถึงมีการทดลองปลูกพืชผล เช่น พริก และมะเขือเทศ ในระบบไฮโดรโปนิกส์ชนิดน้ำลึก

3.1.7 การปลูกมะเขือเทศในระบบไฮโดรโปนิกส์*

- มะเขืออายุประมาณ 60 วัน

ในการใช้น้ำบำบัดเพื่อเพาะเลี้ยงพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการใช้น้ำบำบัดซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 600 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร และมีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 6 เป็นตั้ง ผสมกับสารละลายธาตุอาหารปุ๋ยเอบีที่ปรับให้มีค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรดด่างใกล้เคียงกันในอัตราส่วนน้ำบำบัด:สารละลายธาตุอาหาร เท่ากับ 1:0, 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:1 ตามลำดับ สารละลาย

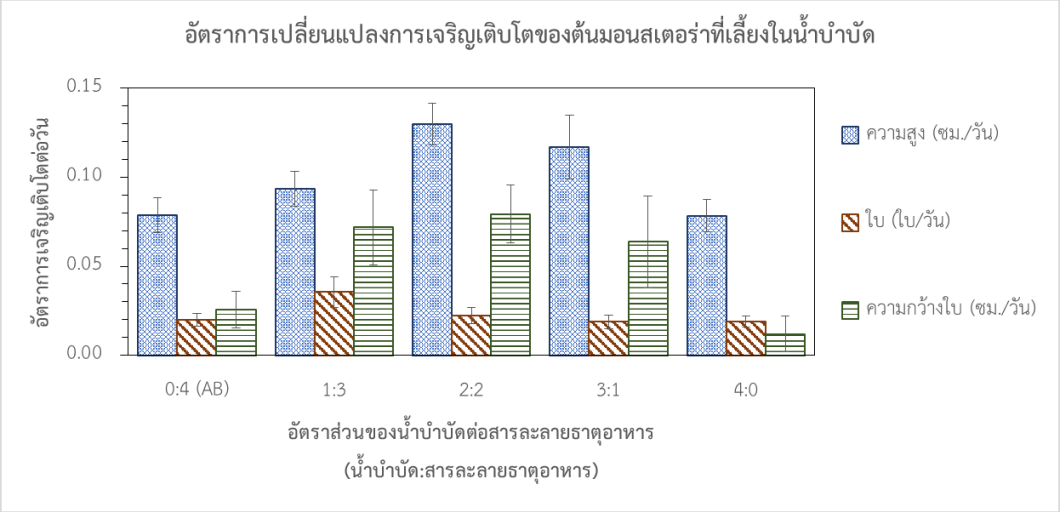
* การปลูกผักสลัดเพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการอบรมและให้ความรู้แก่ประชาชนที่สนใจเกี่ยวกับการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ เช่น กรีนโอ๊ค เรดคอส และผักกาดหอม ในระบบ Nutrient Film Technique (NFT) รวมถึงมีการทดลองปลูกพืชผล เช่น พริก และมะเขือเทศ ในระบบไฮโดรโปนิกส์ชนิดน้ำลึก

ผสมที่ได้ถูกนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงมอนสเตอร่า และดาวเรือง ในระบบไฮโดรโปนิกส์ชนิดน้ำขึ้นน้ำลง (ระบบน้ำลึกดัดแปลงติดตั้งอุปกรณ์ไซฟอน) เป็นเวลา 28 วัน กำหนดค่าการนำไฟฟ้าให้อยู่ในช่วง 400-600 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร และค่าความเป็นกรดด่างในช่วง 5.5-6.5 หากค่าเปลี่ยนแปลงไปเกินค่าที่กำหนดจะทำการเปลี่ยนสารละลายผสมใหม่ กำหนดให้ปริมาตรของสารละลายเท่ากับ 80 ลิตร โดยมีการเติมน้ำกรองเพื่อปรับปริมาตรทุก 3 วัน

ต้นมอนสเตอร่าที่เลี้ยงในน้ำบำบัดเพียงอย่างเดียว (ซ้าย) และในสารละลายปุ๋ยเอบีเพียงอย่างเดียว (ขวา)

3.1.8 ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงาน พบว่า ต้นมอนสเตอร่าอายุ 5 เดือน ที่นำมาทดสอบในสารละลายน้ำบำบัดเป็นเวลา 36 วัน สามารถเจริญเติบโตได้ในสารละลายธาตุอาหารทุกชนิดโดยอัตราการเพิ่มความสูง อัตราการเพิ่มความกว้างใบ และอัตราการเพิ่มจำนวนใบ ไม่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลอง โดยต้นมอนสเตอร่ามีแนวโน้มที่จะเติบโตได้ดีที่สุดในชุดทดลองที่มีอัตราส่วนน้ำบำบัดต่อสารละลายธาตุอาหาร 1:1 (อัตราการเพิ่มความสูง และอัตราการเพิ่มความกว้างใบที่ 0.13 และ 0.08 เซนติเมตรต่อวัน ตามลำดับ) ในขณะที่ต้นมอนสเตอร่ามีแนวโน้มที่จะเจริญได้ดีที่สุดในชุดทดลองที่มีอัตราส่วนน้ำบำบัดต่อสารละลายธาตุอาหาร 1:3 (อัตราการเพิ่มจำนวนใบที่ 0.035 เซนติเมตรต่อวัน)



อัตราการเจริญเติบโตของต้นมอนสเตอร่าอายุ 5 เดือน ที่เลี้ยงในสารละลายผสมน้ำบำบัด:สารละลายธาตุอาหาร ในอัตราส่วนต่างๆ เป็นระยะเวลา 36 วัน

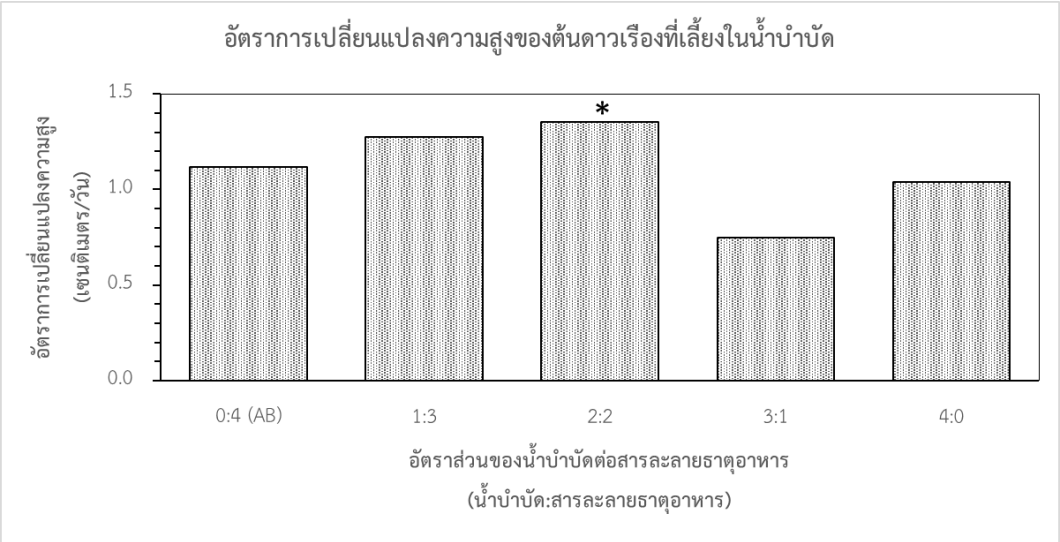
เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนการเพาะปลูกประเมินต่อพื้นที่ขนาด 1 งาน (400 ตารางเมตร) สามารถวางชุดปลูกได้ 40 ชุด (ชุดปลูก 1 ชุดกินเนื้อที่ประมาณ 6 ตารางเมตร) 1 ชุดปลูกใช้น้ำประมาณ 20 ลิตรต่อวัน ใช้ปุ๋ยเอบีเข้มข้นประมาณ 1 ลิตรต่อเดือน ใช้ปั๊มน้ำขนาด 40 วัตต์ เลี้ยงมอนสเตอร่าได้ 160 ต้น รวมแล้วโรงเรือนขนาด 1 งานจะสามารถเลี้ยงมอนสเตอร่าได้ 6,400 ต้น หากต้องการขายได้ราคาอย่างน้อยต้นละ 100 บาทต้องเลี้ยงมอนสเตอร่าให้มีขนาด 5 ใบขึ้นไป เมื่อคำนวณจากอัตราการแตกใบเฉลี่ย 0.035 ใบต่อวัน เท่ากับใช้เวลาประมาณ 6 เดือน นับจากเพาะเมล็ด เนื่องจากอัตราการแตกใบในช่วง 2 เดือนแรกเร็วกว่าช่วง 4 เดือนหลัง หากคิดการเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 เดือนจะคิดต้นทุนได้ดังตารางที่ 3.1-1 โดยถ้าปลูกในสารละลายผสมน้ำบำบัด:สารละลายธาตุอาหาร ในอัตราส่วน 2:2 จะช่วยให้ประหยัดค่าน้ำ 864 บาท และค่าปุ๋ย 2,400 บาท ตามลำดับ รวมเป็น 3,264 บาท คิดเป็นร้อยละ 1.74 ของต้นทุนทั้งหมด

ตารางที่ 3.1-1 ต้นทุนการปลูกมอนสเตอร่า

ต้นทุน	ราคา (บาท)
1. เมล็ดมอนสเตอร่า 7,000 เมล็ด คิดราคาเมล็ดละ 5 บาท	35,000
2. ค่าน้ำทั้งหมด 144 ลูกบาศก์เมตร คิดในอัตราลูกบาศก์เมตรละ 12 บาท ระยะเวลา 6 เดือน	1,728
3. ค่าไฟคิดจากปั๊มน้ำ 40 วัตต์ คิดค่าไฟหน่วยละ 4 บาท จำนวน 40 เครื่อง เป็นเวลา 6 เดือน	27,648
4. ปุ๋ยเอบีเข้มข้น 240 ลิตร คิดในอัตราลิตรละ 20 บาท	4,800
5. ค่าวัสดุปลูกคิดในอัตราต้นละ 10 บาท	64,000
6. ค่าแรงคนงาน 1 คน คิดอัตราค่าแรงขั้นต่ำ 300 บาทต่อวัน	54,000
รวม	**187,176**

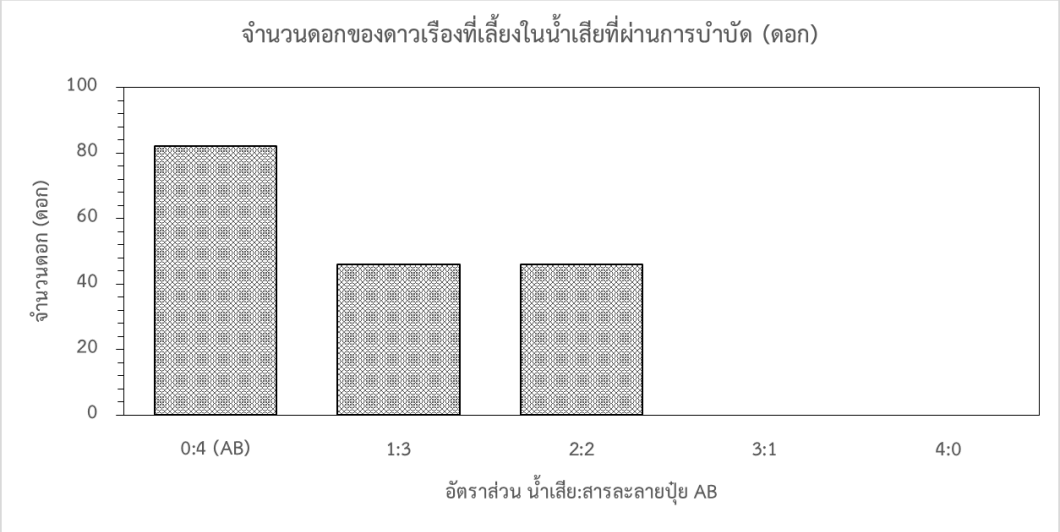
รวมมีต้นทุนทั้งหมดในการปลูกมอนสเตอร่า 187,176 บาท หากขายต้นมอนสเตอร่าได้ในราคาต้นละ 100 บาท จะมีรายได้ 640,000 บาท มีกำไร 452,824 บาท ต่อพื้นที่ 1 งานต่อ 6 เดือน หรือ 905,648 ต่อพื้นที่ 1 งานต่อปี

ผลการปลูกดาวเรืองในระบบไฮโดรโปนิกส์ชนิดน้ำขึ้นน้ำลงโดยใช้สารละลายผสมน้ำบำบัดที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า ดาวเรืองสามารถเจริญเติบโตได้ในสารละลายน้ำบำบัดอัตราส่วนต่าง ๆ และพบว่าต้นดาวเรืองมีอัตราการเปลี่ยนแปลงความสูงต้นสูงสุด 1.35 เซนติเมตรต่อวัน เมื่อใช้น้ำบำบัดผสมสารละลายธาตุอาหารเอบีในอัตราส่วน 2:2 ใกล้เคียงกับการใช้อัตราส่วน 1:3 แสดงว่าการใช้น้ำบำบัดผสมสารละลายธาตุอาหารเอบีในอัตราส่วน 2:2 ส่งผลให้ดาวเรืองยืดความยาวลำต้นได้ดีกว่าการใช้สารละลายปุ๋ยเอบีเพียงอย่างเดียว ในขณะที่ต้นดาวเรืองที่เลี้ยงในสารละลายผสมน้ำบำบัด:สารละลายธาตุอาหาร ในอัตราส่วน 3:1 และ 4:0 ถึงแม้จะยืดความยาวลำต้นได้แต่ยืนต้นตายในที่สุด แสดงให้เห็นว่าน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดยังไม่สามารถใช้ทดแทนสารละลายธาตุอาหารเอบีได้ทั้งหมดในการปลูกต้นดาวเรือง และในสัดส่วนที่มากเกินไปส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรือง

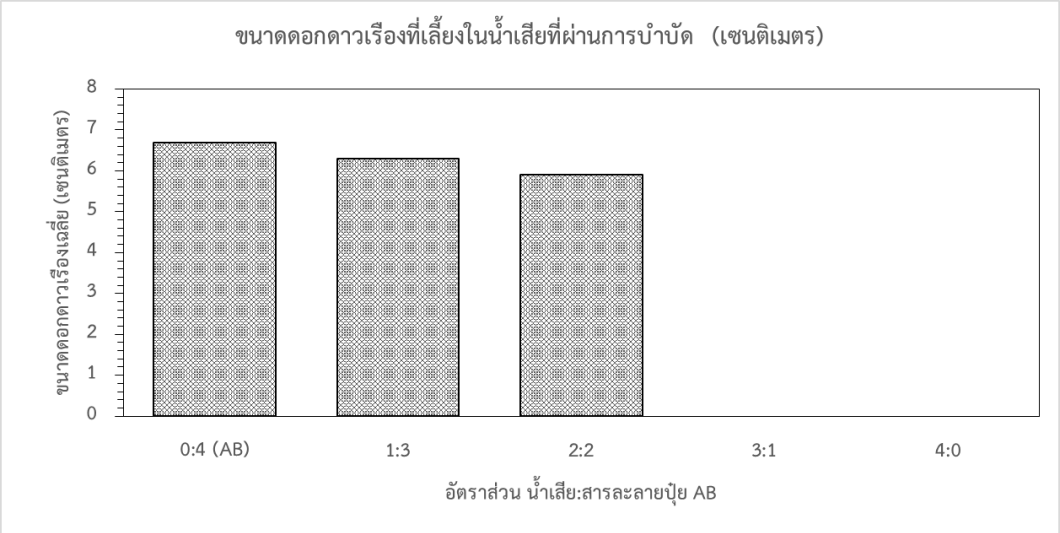


อัตราการเปลี่ยนแปลงความสูงของต้นดาวเรืองที่เลี้ยงในสารละลายผสมน้ำบำบัด:สารละลายธาตุอาหารในอัตราส่วนต่างๆ ในระยะเวลา 30 วัน

ต้นดาวเรืองจะเจริญเติบโตเต็มที่จนมีขนาดความสูงประมาณ 50-60 เซนติเมตรในระยะเวลา 40 วัน จึงจะเริ่มสร้างดอกอ่อน และสามารถเก็บดอกชุดแรกได้เมื่อมีอายุประมาณ 50-60 วัน หรือคิดเป็นระยะเวลา 2 เดือน โดยต้นดาวเรืองที่เลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารเอบี (0:4 (AB)) ออกดอกมากกว่า 80 ดอกในระยะเวลา 4 สัปดาห์แรกหลังการออกดอก ในขณะที่ต้นดาวเรืองที่เลี้ยงในสารละลายผสมน้ำบำบัด:สารละลายธาตุอาหาร ในอัตราส่วน 1:3 และ 2:2 ออกดอกประมาณ 40 ดอก และต้นดาวเรืองที่เลี้ยงในสารละลายผสมน้ำบำบัด:สารละลายธาตุอาหาร ในอัตราส่วน 3:1 และ 4:0 ออกดอกบางส่วนและยืนต้นตายจึงไม่เกิดการพัฒนาของดอก แสดงให้เห็นว่าน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดสามารถใช้ทดแทนสารละลายธาตุอาหารเอบีได้เพียงร้อยละ 50 ในการปลูกดาวเรือง



จำนวนดอกดาวเรืองที่พบบนต้นดาวเรืองที่เลี้ยงในสารละลายผสมน้ำบำบัด:สารละลายธาตุอาหาร ในอัตราส่วนต่างๆ ในระยะเวลา 30 วัน



ขนาดของดอกดาวเรืองเฉลี่ยหลังเก็บเกี่ยวจากต้นดาวเรืองที่เลี้ยงในสารละลายผสมน้ำบำบัด: สารละลายธาตุอาหาร ในอัตราส่วนต่างๆ ในระยะเวลา 30 วัน

เมื่อพิจารณาขนาดของดอกดาวเรืองจะพบว่าขนาดของดอกจะอยู่ในช่วง 6.0-6.5 เซนติเมตร โดยดอกที่ได้จากต้นดาวเรืองที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารเอบีจะมีแนวโน้มที่มีขนาดใหญ่กว่าดอกที่ได้จากต้นดาวเรืองที่ปลูกในสารละลายผสมน้ำบำบัด:สารละลายธาตุอาหาร และเนื่องจากดาวเรืองเป็นพืชที่มีระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตประมาณ 2 เดือน ภายหลังจากเริ่มออกดอก รวมแล้ว 8 สัปดาห์ รวมแล้วเฉลี่ยมีผลผลิตต้นละไม่ต่ำกว่า 80-160 ดอกหากขายได้ราคาดอกละ 2 บาทจะสามารถสร้างรายได้ 160-320 บาทต่อต้น

ต้นทุนการเพาะปลูกประเมินต่อพื้นที่ขนาด 1 งาน (400 ตารางเมตร) สามารถวางชุดปลูกได้ 40 ชุด (ชุดปลูก 1 ชุดกินเนื้อที่ประมาณ 6 ตารางเมตร) การปลูกดาวเรือง 1 ชุดปลูกใช้น้ำประมาณ 20 ลิตร

ต่อวัน ดาวเรืองที่โตเต็มที่จำนวน 40 ต้นจะดูดซึมธาตุอาหารจากปุ๋ยเอบีเป็นจำนวน 50 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตรต่อวันเทียบได้กับการใช้สารละลายปุ๋ยเอบีเข้มข้นประมาณ 1 ลิตรต่อเดือน ใช้ปั๊มน้ำขนาด 40 วัตต์ เลี้ยงดาวเรืองได้ 40 ต้น รวมแล้วโรงเรือนขนาด 1 งานจะสามารถเลี้ยงดาวเรืองได้ 1,600 ต้น อายุของดาวเรืองจนหมดระยะเก็บเกี่ยวมีอายุ 4 เดือน สามารถประเมินต้นทุนคร่าว ๆ ได้ดังตารางที่ 3.1-2 โดยถ้าปลูกในสารละลายผสมน้ำบำบัด:สารละลายธาตุอาหาร ในอัตราส่วน 2:2 จะช่วยให้ประหยัดค่าน้ำ 576 บาท และค่าปุ๋ย 1,600 บาท ตามลำดับ รวมเป็น 2,176 บาท คิดเป็นร้อยละ 2.83 ของต้นทุนทั้งหมด

ตารางที่ 3.1-2 ต้นทุนการปลูกดาวเรือง

ต้นทุน	ราคา (บาท)
1. เมล็ดดาวเรือง 2,000 เมล็ด คิดราคาเมล็ดละ 1 บาท	2,000
2. ค่าน้ำทั้งหมด 100 ลูกบาศก์เมตร คิดในอัตราลูกบาศก์เมตรละ 12 บาท ระยะเวลา 6 เดือน	1,152
3. ค่าไฟคิดจากปั๊มน้ำ 40 วัตต์ คิดค่าไฟหน่วยละ 4 บาท จำนวน 40 เครื่อง เป็นเวลา 6 เดือน	18,432
4. ปุ๋ยเอบีเข้มข้น 160 ลิตร คิดในอัตราลิตรละ 20 บาท	3,200
5. ค่าวัสดุปลูกคิดในอัตราต้นละ 10 บาท	16,000
6. ค่าแรงคนงาน 1 คน คิดอัตราค่าแรงขั้นต่ำ 300 บาทต่อวัน	36,000
รวม	**76,784**

รวมมีต้นทุนทั้งหมด 76,784 บาท หากขายดาวเรืองได้ในราคาดอกละ 2 บาท จะมีรายได้ 256,000 บาท เหลือผลกำไร 179,216 บาทต่อพื้นที่ 1 งานต่อ 4 เดือน หรือ 537,648 ต่อพื้นที่ 1 งานต่อปี

3.1.9 การประเมินต้นทุนการปลูกมอนสเตอร่าและดาวเรือง

จากการประเมินต้นทุนโดยประมาณของการปลูกมอนสเตอร่าและดาวเรือง พบว่า มอนสเตอร่าสามารถปลูกได้โดยใช้น้ำบำบัดเพียงอย่างเดียว หากคิดต้นทุนของน้ำบำบัดมีราคาที่ 0 บาท จะสามารถลดค่าใช้จ่ายค่าปุ๋ยเอบีเข้มข้นลงได้ 4,800 บาท และลดค่าน้ำลงได้สูงสุด 1,728 บาท ทำให้ผลกำไรสุทธิเพิ่มขึ้นเป็น 459,352 ต่อพื้นที่ 1 งาน ต่อ 6 เดือน

ดาวเรืองสามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีการผสมน้ำบำบัด:สารละลายธาตุอาหารเอบี ในอัตราส่วน 1:1 จึงสามารถลดต้นทุนค่าสารละลายปุ๋ยเอบีเข้มข้นลงได้ 1,600 บาท และลดค่าน้ำลงได้ 576 บาท ทำให้ผลกำไรสุทธิเพิ่มขึ้นเป็น 181,392 บาทต่อพื้นที่ 1 งาน ต่อ 4 เดือน

หากต้องมีการก่อสร้างโรงเรือนและอุปกรณ์ โรงเรือนขนาด 1 งาน หรือ 20 x 20 เมตร จะมีราคาประมาณ 100,000 บาท ต้นทุนในการประกอบชุดไฮโดรโปนิกส์ชนิดน้ำลึกพร้อมระบบไซฟอน 1 ชุดมีราคาประมาณ 7,000 บาท รวม 40 ชุด 280,000 บาท ระบบน้ำและไฟฟ้าประมาณ 100,000 บาท รวม 480,000 บาท ทำให้การปลูกมอนสเตอร่าจะทำให้เกษตรกรคืนทุนภายในครึ่งปี ในขณะที่ดาวเรืองเกษตรกรจะคืนทุนภายใน 1 ปี

3.1.10 การเผยแพร่และประชาสัมพันธ์

- รับมอบอุปกรณ์เกษตรอัจฉริยะจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) เมื่อวันที่ 19 ธันวาคม พ.ศ. 2564

- ประชาสัมพันธ์การดำเนินโครงการฯ ในการประชุมร่วมกับคณะอนุกรรมการความร่วมมือระหว่างกระทรวงเกษตรและสหกรณ์และสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ระดับภาคตะวันออกเมื่อวันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2564

- ประชุมร่วมกับกลุ่มบริษัท เครือไทยอีสเทิร์นกรุ๊ป จำกัด ในการพัฒนาสารละลายธาตุอาหารจากน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมในวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564

- ประชุมและปรึกษาหารือกับตัวแทนจาก สวทช. ตัวแทนจากวิสาหกิจชุมชน และ ตัวแทนจาก EECi เพื่อหาแนวทางความร่วมมือ และการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากโครงการฯ เป็นพื้นที่เรียนรู้ สร้างหลักสูตรเกษตรสมัยใหม่ และเข้าเยี่ยมชมโรงเรือน ในวันที่ 13 ธันวาคม พ.ศ. 2564

- ดำเนินการอภิปรายแสดงความคิดเห็นร่วมกับเกษตรจังหวัดชลบุรีในการนำเสนอเทคโนโลยีให้กับเกษตรกรปราดเปรื่องในวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2564

- นำเสนอโครงการฯ กับกรรมการสภาเกษตรกรจังหวัดชลบุรี จำนวน 13 คน ในวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565

- ถ่ายทอดความรู้และเปิดให้นิสิตนักศึกษาหรือประชาชนทั่วไปที่สนใจเข้าเรียนรู้ในพื้นที่โครงการ จำนวน 20 คน

- อบรมและให้ความรู้แก่ประชาชนเกี่ยวกับระบบเกษตรสมัยใหม่ ระบบไฮโดรโปนิกส์และการควบคุมการใช้น้ำด้วยระบบ IoT ณ ศูนย์การเรียนรู้ชุมชนต้นแบบตำบลนาจอมเทียน จำนวน 28 คน

- อบรมและให้ความรู้แก่ประชาชนและเกษตรกร จำนวน 4 คน เกี่ยวกับระบบเกษตรอัจฉริยะโดยใช้แพลตฟอร์มของ HandySense ประกอบไปด้วย กล่องควบคุม การติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้นและแสงแดด รวมทั้งการใช้งานแอพลิเคชั่นเพื่อควบคุมระบบปลูกพืชจากระยะไกล รวมถึงถ่ายทอดเทคโนโลยีฝนการปลูกพืชในระบบไฮโดรไปนิกส์ชนิด NFT และชนิดน้ำลึก สาธิตการติดตั้งอุปกรณ์ และให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการปลูกพืชไร้ดิน การผสมสารละลายปุ๋ย และการเดินระบบ

- ถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีให้กับผู้ประกอบการจากหอการค้าจังหวัดชลบุรี 2 ราย ที่จะมาเข้าร่วมทดสอบการใช้งานระบบเกษตรสมัยใหม่

- ถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีให้กับผู้ประกอบการเกษตรและเกษตรกรในอำเภอพนัสนิคม (ตำบลสระสี่เหลี่ยมและตำบลนาวังหิน) จำนวน 18 คน วันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2564

- จัดอบรมในหัวข้อ “การเกษตรสมัยใหม่และเกษตรอัจฉริยะโดยใช้น้ำเสียจากชุมชนที่ผ่านการบำบัด” ให้แก่ประชาชนในพื้นที่ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี จำนวน 31 คน เมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 ณ ศูนย์พัฒนาศักยภาพผู้สูงอายุของเทศบาลเมืองแสนสุข

- จัดอบรมในหัวข้อ “การเกษตรสมัยใหม่และเกษตรอัจฉริยะโดยใช้น้ำเสียจากชุมชนที่ผ่านการบำบัด” ให้แก่ประชาชนในพื้นที่ ตำบลนาจอมเทียน อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี จำนวน 22 คน เมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565

- จัดอบรมสมาชิกสภาเกษตรกรชลบุรี เพื่อติดตั้งระบบเกษตรอัจฉริยะต้นแบบแก่โรงเรียนปากคลองโรงนาค และโรงเรียนบ้านสวนอุดมวิทยา และเกษตรกรที่สนใจจำนวน 19 คน ตามงบประมาณจากสภาเกษตรชลบุรี

- นิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 จำนวน 10 คน เข้าใช้พื้นที่โครงการในการทำปฏิบัติการในรายวิชา 30733159 เทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ทางด้านพืช ประกอบด้วย 2 หัวข้อที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ และ การประยุกต์เทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ด้านพืชกับการเกษตรสมัยใหม่
- นิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 จำนวน 12 คนทำปัญหาพิเศษในโครงการ ได้แก่

1. นายณัฐพันธุ์จันปุ่ม รหัสนิสิต 60031068 ทำปัญหาพิเศษในหัวข้อ “การพัฒนาการปลูกต้นดาวเรืองในระบบไฮโดรโปนิกส์ดัดแปลงแบบกึ่งน้ำลึก”
2. นางสาวศุภนิดา นุ่มดี รหัสนิสิต 61030032 ทำปัญหาพิเศษในหัวข้อ “เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพริกในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบกึ่งน้ำลึกและระบบไฮโดรโพนิกส์ แบบน้ำขึ้นน้ำลง”
3. นางสาวศรัญญา พรหมพิทักษ์ 61030034 ทำปัญหาพิเศษในหัวข้อ “การพัฒนาการปลูกต้นเศรษฐีเรือนใน (Chlorophytum comosum) ในระบบไฮโดรโปนิกส์”
4. นางสาวสุณิสา วงษ์ชะอุ่ม รหัสนิสิต 61030035 ทำปัญหาพิเศษในหัวข้อ “พัฒนาเทคนิคการปลูกผักสลัดเรดโอ๊คในระบบไฮโดรโปรนิกส์แบบ NFT โดยใช้น้ำกากส่าจาก เปลือกสับปะรด”
5. นางสาวจิตราภา ทาระ รหัสนิสิต 61030383 ทำปัญหาพิเศษในหัวข้อ “พัฒนาเทคนิคการปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรโปนิกส์โดยใช้สารละลายธาตุอาหารจากน้ำแตงโม”
6. นางสาววันศิริ รัตนะ รหัสประจำตัวนิสิต 61030395 ทำปัญหาพิเศษในหัวข้อ “พัฒนาเทคนิคการปลูกมอนสเตอร่าไจแอนท์ในระบบไฮโดรโปนิกส์NFT”
7. นางสาวณัฏฐณิชา ปุระณะ รหัสนิสิต 61030670 ทำปัญหาพิเศษในหัวข้อ “พัฒนาเทคนิคการปลูกยางอินเดียดำในระบบไฮโดรโปนิกส์”
8. นางสาวธมลวรรณ วงษ์วันดี 61030671 ทำปัญหาพิเศษในหัวข้อ “พัฒนาเทคนิคการปลูกต้นพลูฉลุในระบบไฮโดรโปนิกส”

9. นางสาวนุชจรี ดีวัน รหัสนิสิต 61030673 ทำปัญหาพิเศษในหัวข้อ “ผลของการปลูกดาวเรืองในระบบไฮโดรโปรนิกส์แบบ DFT”

10. นางสาววัชรีวรรณ เย็นรักษา รหัสนิสิต 61030681 ทำปัญหาพิเศษในหัวข้อ “ผลของอุณหภูมิในถังสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของกรีนโอ๊ค”

11. นางสาว อารยา พรหมจำปา รหัสประจำตัวนิสิต 61030689 ทำปัญหาพิเศษในหัวข้อ “ผลของการปลูกกุหลาบในระบบไฮโดรโปนิกส์โดยใช้เทคนิคน้ำลึก”

12. นางสาว รัชดาภรณ์ ยิสารคุณ รหัสประจำตัวนิสิต 61030781 ทำปัญหาพิเศษในหัวข้อ “เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดฝุ่นพีเอ็ม 2.5 ในไม้ประดับบางชนิด”

- นิสิตปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 จำนวน 1 คน เข้ารับการฝึกงานในโครงการ และนิสิตปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 จำนวน 2 คน เข้าทำปัญหาพิเศษในโครงการ ได้แก่

1. นายธนกฤต สอนราษฎร์ รหัสประจำตัวนิสิต 62030868 เข้ารับการฝึกงาน

2. นางสาวจิตรลดา มนต์อ่อน รหัสประจำตัวนิสิต 61030668 เข้าทำปัญหาพิเศษ

3. นางสาววิภาวี บุญขวัญ รหัสประจำตัวนิสิต 61030682 เข้าทำปัญหาพิเศษ

- จัดประชุมเชิงปฏิบัติการให้ความรู้เรื่องเกษตรอัจฉริยะให้แก่สมาชิกของศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชนตำบลบ้านบึง จังหวัดชลบุรี พร้อมมอบและติดจั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบ IoT ในแปลงเกษตรต้นแบบให้แก่นางศุภยา อ่ำทรัพย์ หัวหน้าศูนย์ และผู้สนใจจำนวน 4 คน

- จัดอบรมในหัวข้อ “เกษตรอัจฉริยะและการใช้น้ำเสียจากชุมชนที่ผ่านกระบวนการบำบัด” ให้กับสมาชิกเครือข่ายศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) และ บุคลากรกรมส่งเสริมการเกษตร จำนวน 118 คน วันที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2565 ณ สำนักงานเกษตร จังหวัดชลบุรี

- ให้ความรู้เชิงเทคนิคกับผู้ประกอบการจากชุมชนนาวังหิน อำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี จำนวน 4 คน ณ มหาวิทยาลัยบูรพา

- จัดอบรมในหัวข้อ “เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะสำหรับพืช” ให้กับสมาชิกเครือข่ายผู้ประกอบการเกษตรกรรุ่นใหม่ จังหวัดชลบุรี จำนวน 30 คน วันที่ 21 มิถุนายน พ.ศ. 2565 ณ มหาวิทยาลัยบูรพา

3.1.11 ผลผลิตจากโครงการฯ

- **รายชื่อผู้ประกอบการเกษตรที่เป็นผลผลิตจากโครงการฯ**

1. นางสาวสุภญา อ่ำทรัพย์

   ที่อยู่ บ้านเลขที่ 649/8. ม.5 ต.หนองอิรุณ อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี

2. นายชุติพล ควรเอี่ยม

   ที่อยู่ บ้านเลขที่ 338 ม.5 ต.หนองอิรุณ อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี

3. นางสาวกรรณิกา รุ่งโรจน์

   ที่อยู่ บ้านเลขที่ 122 ม.5 ต.นาวังหิน อ.พนัสนิคม จ.ชลบุรี

4. นางสาวอารีพร พิมพ์โพธิ์กลาง

   ที่อยู่ บ้านเลขที่ 36/5 ม.6 ต.นาจอมเทียน อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี

5. นายธนากิจ สินสวาสดิ์

   ที่อยู่ บ้านเลขที่ 15 ม.6 ต.นาจอมเทียน อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี

6. นางสาวสุณิสา วงษ์ชอุ่ม

   ที่อยู่ บ้านเลขที่ 11/1 ต.บางคา อ.ราชสาส์น จ.ฉะเชิงเทรา

7. นางสาววิจิตรา แสนเทพ

   ที่อยู่ บ้านเลขที่ 55/35 ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี

8. นายเดือน จันอินทร์ และนางสาวขวัญใจ จันอินทร์

   ที่อยู่ บ้านเลขที่ 76 ม.5 ต.ป่ายุบใน อ.วังจันทร์ จ.ระยอง

9. นายบัลลังก์ กิจจินดา

ที่อยู่ บ้านเลขที่ 16/1 หมู่ 7 บ้านเขาไม้นวล ต.ป่ายุบใน อ.วังจันทร์ จ.ระยอง

10. นายนัตติ พัฒนพารากุล

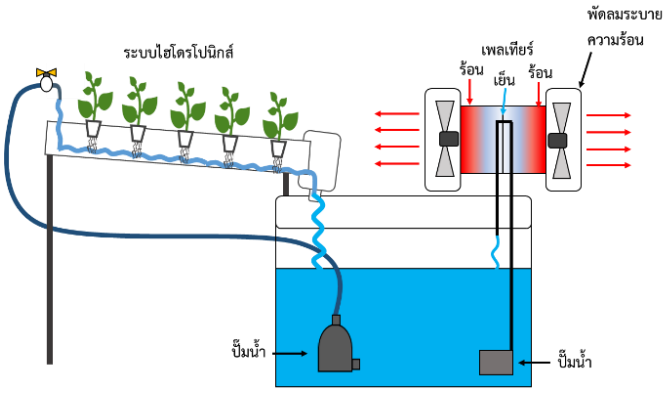
ที่อยู่ บ้านเลขที่ 154 หมู่7 ต.เพ อ.เมือง จ.ระยอง

11. นายฉัตรชัย บุตรมะไฮ

ที่อยู่ บ้านเลขที่ 17/1 ม.1 ต.หนองรี อ.เมือง จ.ชลบุรี

- **ระบบลดอุณหภูมิโดยใช้เทคโนโลยีของเพลเทียร์**

ระบบลดอุณหภูมิโดยใช้เทคโนโลยีของเพลเทียร์ (Peltier) ทำการติดตั้งและทดสอบกับชุดไฮโดรโปนิกส์ชนิดฟิล์มบางขนาดเล็ก (ดังรูปแผนผังการต่ออุปกรณ์) โดยส่วนประกอบประกอบด้วยถังโฟมเพื่อใช้เก็บความเย็นใช้เป็นถังสำหรับเก็บสารละลายธาตุอาหาร ภายในต่อเข้ากับปั๊ม 2 ตัว ตัวแรก (รูปขวาล่าง) จะทำการสูบน้ำผ่านเพลเทียร์เพื่อลดอุณหภูมิของสารละลายก่อนจะไหลเวียนกลับสู่ถัง อุปกรณ์เพลเทียร์จะทำงานโดยอาศัยอิเล็กตรอนในการนำความร้อนจากฝั่งหนึ่งสู่อีกฝั่งหนึ่งของวัสดุสารกึ่งตัวนำทำให้อุณหภูมิฝั่งที่สัมผัสกับท่อเย็นลง ในขณะที่ด้านร้อนจะมีการใช้พัดลมระบายความร้อนช่วยถ่ายเทความร้อนออก ปั๊มน้ำอีกตัวหนึ่งจะทำการสูบน้ำที่ปรับอุณหภูมิแล้วเข้าสู่ระบบไฮโดรโปนิกส์ ผลการทดลองพบว่า อุปกรณ์สามารถลดอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารขนาด 20 ลิตรลงได้ 1-2 องศาเซลเซียส และผักกรีนโอ๊คที่ปลูกในระบบควบคุมอุณหภูมิมีความสูง ความกว้างพุ่ม จำนวนใบสูงกว่าชุดอุปกรณ์ปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำหนักสดของผักกรีนโอ๊คที่ตัดจากชุดไฮโดรโปนิกส์ที่มีชุดควบคุมอุณหภูมิสูงกว่า ในชุดปกติถึงร้อยละ 10 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารส่งผลต่ออัตราการ เจริญเติบโตของพืชและอาจช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซึมน้ำและรักษาความชื้นภายในเซลล์พืช



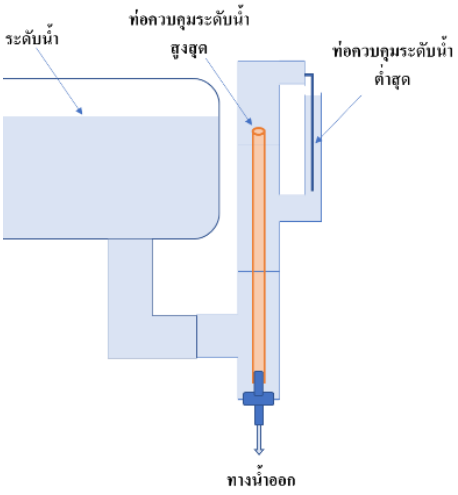
แผนผังการต่ออุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิเพลเทียร์เข้ากับชุดปลูกระบบไฮโดรโปนิกส์

ชุดปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิเพลเทียร์

- **การพัฒนาระบบน้ำขึ้นน้ำลง**

พัฒนาระบบน้ำขึ้นน้ำลงในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึกเดิมซึ่งมีข้อเสียในเรื่องของการระบายน้ำก่อให้เกิดการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งก่อให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่า ระบบน้ำขึ้นน้ำลงจะช่วยเพิ่มการระบายน้ำและเพิ่มอ็อกซิเจนให้แก่รากพืช การออกแบบใช้หลักการของปรากฏการณ์ไซฟอน (Siphon Effect) ซึ่งใช้แรงดันอากาศร่วมกับแรงโน้มถ่วงในการระบายน้ำออกจากระบบปลูกอัตโนมัติโดยไม่ต้องพึ่งเครื่องยนต์ ในการออกแบบจะคำนึงถึงความสะดวกสบายในการใช้งาน เช่น สามารถถอดเข้าออกเปลี่ยนชิ้นส่วนได้ สามารถปรับระดับน้ำในระบบได้ตามต้องการ และสามารถปรับระดับน้ำที่เหลือในท่อได้ ส่วนประกอบที่สำคัญคือท่อควบคุมระดับน้ำสูงสุดเป็นตัวกำหนดระดับน้ำสูงสุดภายในท่อเพาะเลี้ยง และท่อควบคุมระดับน้ำต่ำสุดหากน้ำต่อกว่าระดับที่กำหนดท่อจะดูดอากาศเข้าสู่ระบบไซฟอนทำให้น้ำหยุดไหล

ผลการดำเนินงาน พบว่า อุปกรณ์ไซฟอนสามารถควบคุมระดับน้ำภายในท่อเพาะเลี้ยงได้ และพบว่า สามารถช่วยลดการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของต้นมอนสเตอร่าที่เลี้ยงในระบบน้ำลึกได้



แผนผังการออกแบบอุปกรณ์ไซฟอนและอุปกรณ์ไซฟอนที่ประกอบขึ้น

ระบบไฮโดรโปนิกส์ชนิดน้ำลึกที่มีการติดระบบไซฟอน

- **การพัฒนาเทคโนโลยีการปลูกไม้ประดับฟอกอากาศ (มอนสเตอร่า) และต้นยางอินเดียดำ**

การพัฒนาเทคโนโลยีการปลูกไม้ประดับฟอกอากาศ (มอนสเตอร่า) และต้นยางอินเดียดำที่สามารถเจริญเติบโตได้โดยใช้น้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดเพียงอย่างเดียว ซึ่งหลักการที่สำคัญในการนำน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดมาปลูกมี ดังนี้

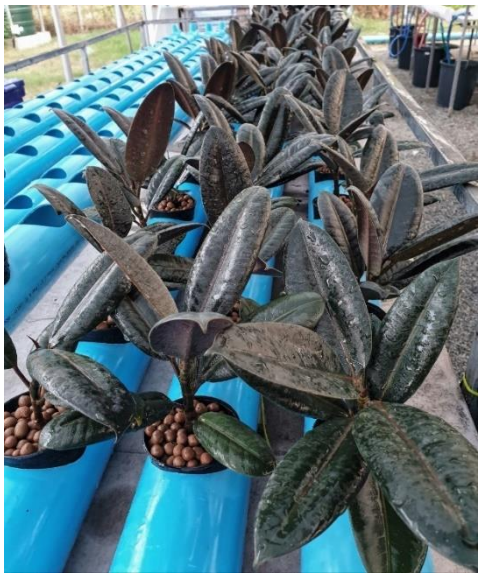
1) น้ำที่นำมาปลูกควรมีสารอินทรีย์เหลือน้อยที่สุดเพื่อป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตและต้องกำจัดไขมันออกให้หมดเพื่อป้องกันการเคลือบของไขมันที่ผิวรากซึ่งส่งผลให้รากขาดอากาศและเน่าตายในที่สุด

2) น้ำที่นำมาปลูกควรมีแร่ธาตุที่จำเป็นโดยเฉพาะไนโตรเจนและโพแทสเซียม เพื่อช่วยการเจริญเติบโตของไม้ประดับฟอกอากาศ

3) น้ำที่นำมาปลูกต้องไม่มีกลิ่นเหม็นรบกวน เพื่อป้องกันการเข้ามาของแมลงชนิดต่างๆ และเพื่อสุขลักษณะที่ดีในการปลูกไม้ประดับ และ

4) ไม้ประดับที่นำมาปลูกได้ผลดีควรเป็นไม้ประดับที่โตช้า มีรากฝอยน้อย เพื่อให้สามารถค่อยๆ ดูดซึมธาตุอาหารที่จำเป็นในปริมาณน้อยได้

จากการศึกษา พบว่า ต้นมอนสเตอร่าที่มีขนาดใกล้เคียงกับต้นยางอินเดียดำ (20 เซนติเมตร) สามารถลดปริมาณ PM 2.5 ได้ดีกว่าประมาณ 2 เท่า เมื่อทดสอบในที่ร่ม โดยมีอัตราการลดลงของ PM 2.5 ที่ 1.7 และ 0.8 ug/m^3/min/pot ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Cao และคณะ (2019) ที่แสดงให้เห็นว่าต้นยางอินเดียดำสามารถลดปริมาณ PM 2.5 ได้สูงที่สุดที่ 54 ug/m^3/hr/pot หรือประมาณ 0.9 ug/m^3/min/pot อย่างไรก็ตามยังไม่พบการศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณ PM 2.5 ในต้นมอนสเตอร่า ดังนั้น จากผลการทดลองข้างต้นจะสามารถอนุมานได้ว่าต้นมอนสเตอร่าน่าจะมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ PM 2.5 ได้ดีกว่าต้นยางอินเดียดำ



- **ความร่วมมือในการวิจัยต่อยอดการพัฒนาองค์ความรู้**

ความร่วมมือในการวิจัยต่อยอดการพัฒนาองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสารละลายธาตุอาหารพืชจากน้ำเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมเกษตรชีวภาพ เพื่อสร้างเศรษฐกิจหมุนเวียนของน้ำในการเกษตรกับ บริษัท ไทยอีสเทิร์น ไบโอ พาวเวอร์ จำกัด

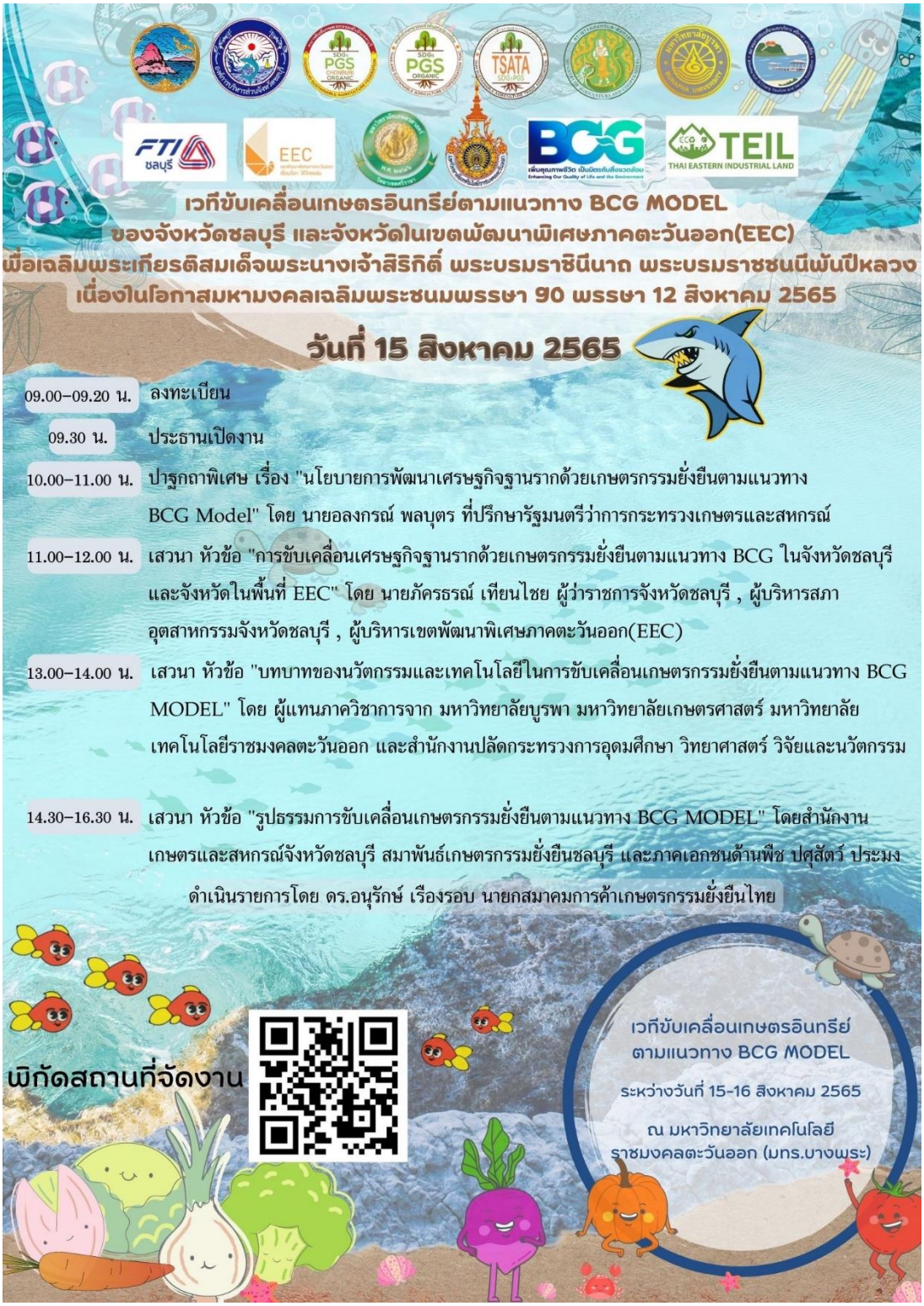
- **สนับสนุนแผนการดำเนินงานของจังหวัดชลบุรี**

การบรรจุโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการบริหารจัดการน้ำสำหรับการเกษตรและการเพิ่มมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อสร้างระบบนิเวศนวัตกรรมการเกษตรชีวภาพสมัยใหม่ ในแผนการดำเนินงานปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ของจังหวัดชลบุรี

รายการ	ปี 2565			ปี 2566			เพิ่ม/ลด		อ้างอิง
	เป้าหมาย		วงเงิน	เป้าหมาย		วงเงิน			
	หน่วยนับ	จำนวน		หน่วยนับ	จำนวน		วงเงิน	ร้อยละ	1. เอกสาร งปม.
2. ด้านเศรษฐกิจ									
2.1.2) ส่งเสริมให้มีการพัฒนาและปรับปรุงฟาร์มให้ได้รับการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติที่ดีสำหรับฟาร์ม (GAP) และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม				กิจกรรม	1	119,700	-	-	หน้า 663
2.1.3) ถ่ายทอดเทคโนโลยีการบริหารจัดการน้ำสำหรับการเกษตร และการเพิ่มมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อสร้างระบบนิเวศนวัตกรรมการเกษตรชีวภาพสมัยใหม่				กิจกรรม	1	1,149,900	-	-	หน้า 663
2.1.4) ส่งเสริมและพัฒนาการผลิตสินค้าเกษตรอัตลักษณ์ที่เหมาะสมกับศักยภาพพื้นที่จังหวัดชลบุรี				กิจกรรม	1	421,400	-	-	หน้า 663
2.2) กิจกรรมเพิ่มศักยภาพกลุ่มเกษตรกร สถาบันเกษตร และการส่งเสริมอาชีพด้านการเกษตร									
2.2.1) ส่งเสริมอาชีพการเลี้ยงผึ้งโพรงในเขตพื้นที่ป่ารอยต่อ 5 จังหวัด(จังหวัดชลบุรี)				กิจกรรม	1	75,800	-	-	หน้า 663

- **การนำเสนอผลการดำเนินงานโครงการฯ ต่อสาธารณะ**

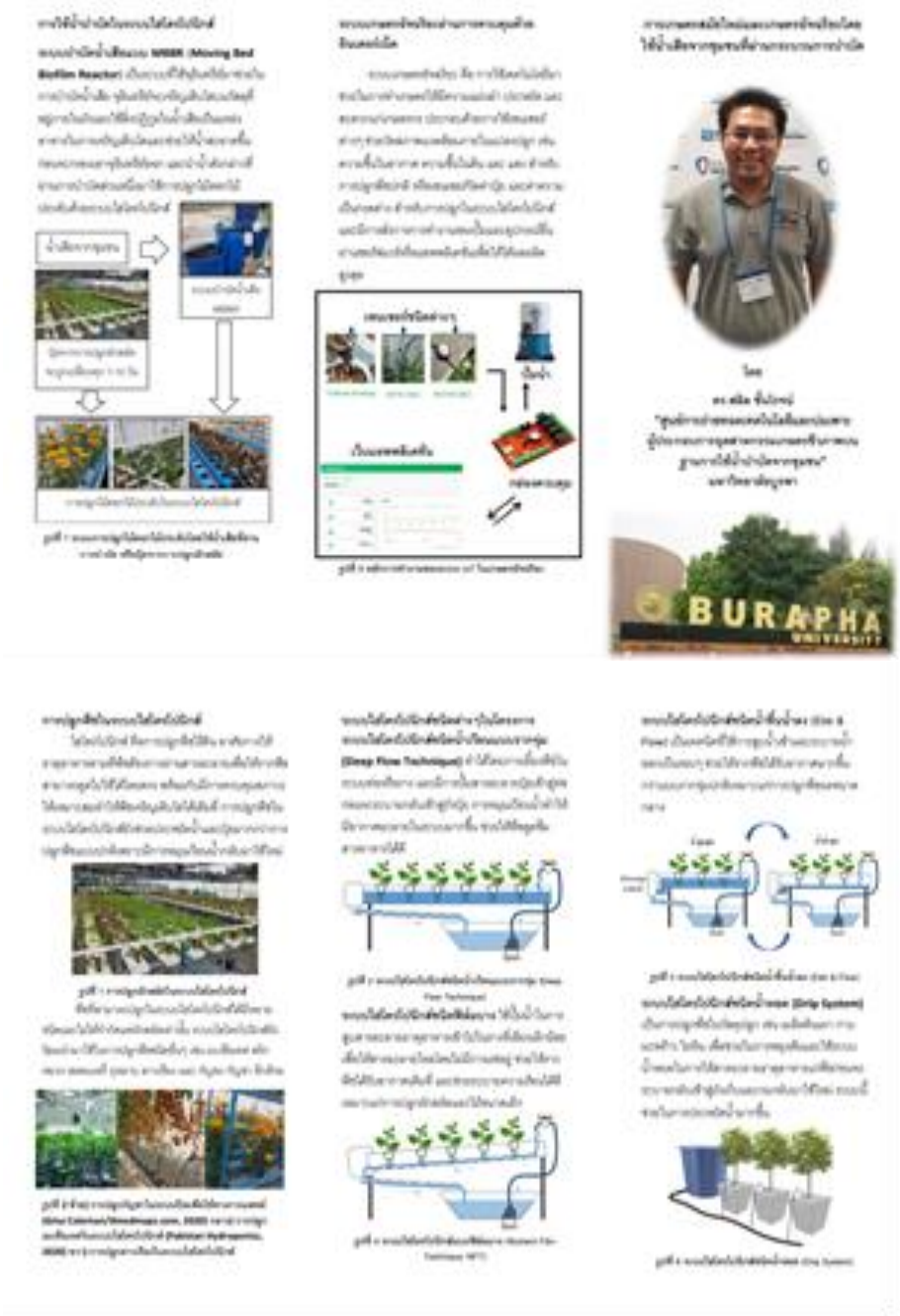
การนำเสนอผลการดำเนินงานโครงการฯ ต่อสาธารณะในงานการจัดเวทีขับเคลื่อนเกษตรอินทรีย์ตามแนวทางเศรษฐกิจชีวภาพ-เศรษฐกิจหมุนเวียน-เศรษฐกิจสีเขียว (Bio-Circular-Green Economy Model หรือ BCG Model) ของจังหวัดชลบุรี และจังหวัดในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor หรือ EEC) ในวันที่ 15-16 สิงหาคม พ.ศ. 2565 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก และงานสัปดาห์วันวิทยาศาสตร์ภาคตะวันออกครั้งที่ 39 ในวันที่ 18-20 สิงหาคม พ.ศ. 2565 ณ มหาวิทยาลัยบูรพา โดยคาดว่าจะมีผู้เข้าร่วมชมนิทรรศการจากภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตร ภาคการศึกษา ภาคราชการ และประชาชนผู้สนใจ ไม่ต่ำกว่า 1,000 คน



เอกสารประชาสัมพันธ์ เวทีขับเคลื่อนเกษตรอินทรีย์ตามแนวทาง BCG Model

- **การจัดทำโบรชัวร์การจัดการอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี**

การจัดทำโบรชัวร์การจัดการอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการเกษตรอัจฉริยะและการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์



3.2 ผลการดำเนินงานด้านระบบบำบัดน้ำเสีย

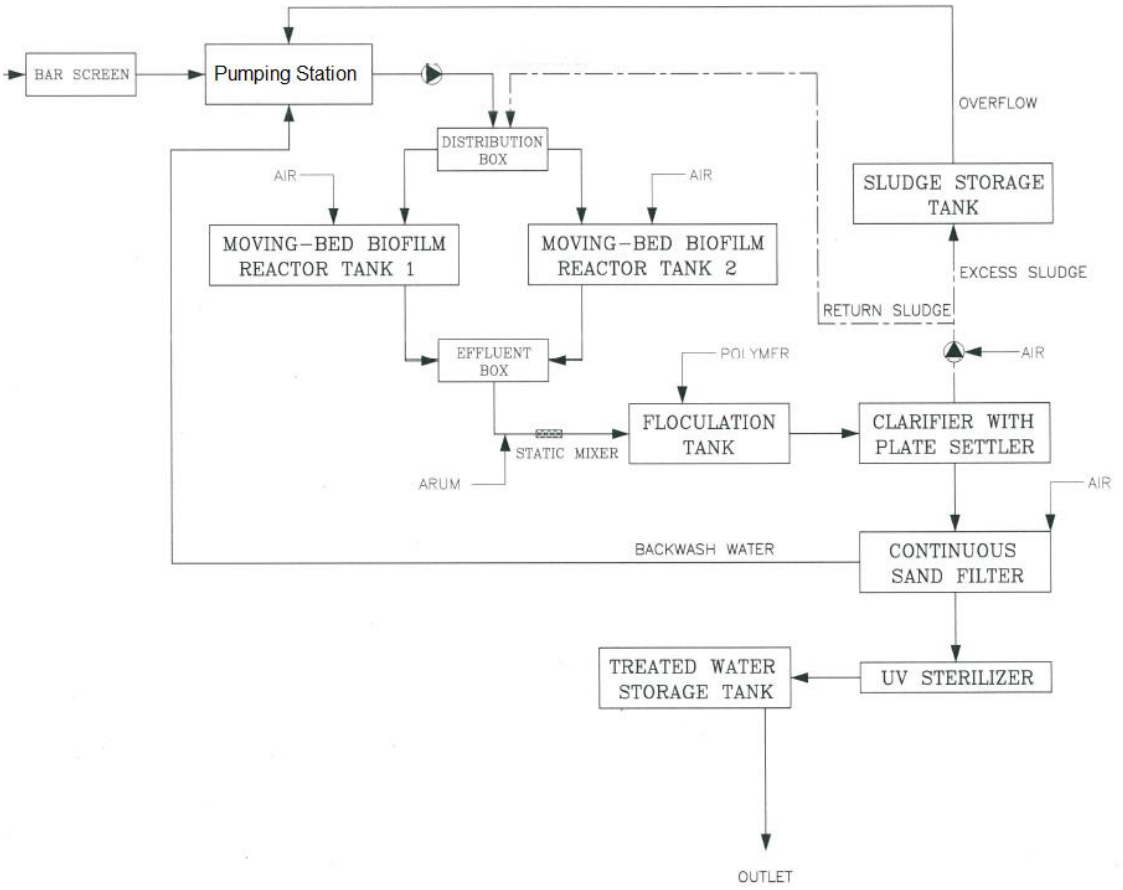
3.2.1 การติดตั้งและปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR สำหรับโครงการวิจัย

ทีมวิจัยของโครงการวิจัยการถ่ายทอดเทคโนโลยีและบ่มเพาะผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเกษตรชีวภาพบนฐานการใช้น้ำบำบัดจากชุมชน ระยะที่ 2 ได้ดำเนินการย้ายระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพจริง (Full-scale Biological Wastewater Treatment Plant) แบบ Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) จากโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ข้างอาคารเรียนของฝ่ายการศึกษานานาชาติชั้นพื้นฐาน ไปยังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ) ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี เนื่องจากปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละวันจากอาคารดังกล่าวไม่เพียงพอต่อการทำงานของระบบที่ถูกออกแบบไว้ในระยะที่ 1 ที่รองรับปริมาณน้ำเสีย 10-30 ลูกบาศ์กเมตรต่อวัน โดยปริมาณน้ำเสียอย่างน้อย 10 ลูกบาศ์กเมตรต่อวัน เพื่อให้ระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าวทำงานได้ ทั้งนี้ เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ทำให้มีนักเรียนและบุคลากรมีจำนวนน้อยที่มาใช้งานของอาคารดังกล่าว การย้ายการติดตั้งดำเนินการเสร็จสิ้น ดังภาพที่ 3.2.1-1 ภายในระยะเวลา 3 เดือน ตามแผนงานที่กำหนด

ภาพที่ 3.2.1-1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ)

ปัจจุบัน ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบ MBBR มีการปรับเปลี่ยนแสดงดังภาพที่ 3.2.1-2 ประกอบด้วย สถานทีสูบน้ำเสียหลังตะแกรง มีการสูบน้ำเข้าสู่ถังปฏิกิริยา MBBR ทั้งสองถัง น้ำเสียที่ไหลออกจากถัง MBBR ทั้งสองถังไหลออกจากถังไปตามเส้นท่อที่มีการติดตั้ง Static Mixer เพื่อเติมสารส้มที่เป็นสารสร้างตะกอน หลังจากจึงไหลเข้าสู่ถังกวนช้า (Flocculation Tank) เพื่อรวมตะกอนที่เกิดขึ้น หลังจากนั้น จึงตกตะกอนในถังกตะกอนที่มีการติดตั้งแผ่น Lamella ภายในถัง น้ำใสที่ได้จะถูกกรองภายในถังกรองทรายที่สามารถกรองทรายได้ต่อเนื่องด้วยระบบการล้างกลับอัตโนมัติ น้ำทิ้งหลังการกรองถูกฆ่าเชื้อด้วยแสงยูวีก่อนที่จะไหลเข้าสู่ถังเก็บน้ำทิ้ง เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ทั้งนี้ ถังปฏิกิริยา MBBR

ทั้งสองถังมีการติดตั้งตัวกลางพลาสติกที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 500 ตารางเมตรต่อลูกบาศ์กเมตร ปริมาณร้อยละ 30 ของปริมาตรของถังทั้งหมด



ภาพที่ 3.2.1-2 แผนภาพแสดงระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ)

ถังปฏิกิริยาทั้งสองถังมีการติดตั้งหัวเติมอากาศ โดยใช้เครื่องเติมอากาศจำนวน 3 ชุด ทำงานสลับกันไป เพื่อเติมออกซิเจนในถังปฏิกิริยาสำหรับเป็นรับอิเล็กตรอนสุดท้ายสำหรับแบคทีเรียและการกวนผสมตัวกลางภายในถังปฏิกิริยา MBBR ทั้งสองถัง

อย่างไรก็ตาม การติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ) พบปัญหาและอุปสรรคหลายอย่าง ดังนี้

1) ปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ MBBR นั้น มีอัตราการสูบน้ำเสียไม่เท่ากันระหว่างปั๊มสูบ 2 ตัว ที่ติดตั้งอยู่ติดกัน ทำให้น้ำเสียที่ถูกสูบจากปั๊มตัวที่ 1 มีปริมาณน้ำเสียน้อยกว่าปั๊มตัวที่ 2 มาก โดยอัตราการไหลจากปั๊มตัวที่ 1 ยังไม่ได้ตามที่ออกแบบไว้ จากการวิเคราะห์และความพยายามการแก้ไขปัญหาระยะเวลาหนึ่ง พบว่า เฮดของปั๊มทั้งสองไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้หลังจากย้ายการติดตั้งจากการติดตั้งปั๊มในถัง Equalization มาเป็นการติดตั้งในบ่อของสถานีสูบน้ำเสียของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ต่อมา จึงมีการวิเคราะห์เฮดของปั๊ม พบว่า รองรับเฮด 6 เมตร แต่ปั๊มเดิมถูกติดตั้งในถัง Equalization ที่อยู่ต่ำกว่าระดับพื้นดินประมาณ 1 เมตร ทำให้เฮดของปั๊มเดิมเพียงพอต่อการสูบน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกิริยา MBBR ที่มี

ความสูงเท่ากับ 4.7 เมตร หลังจากปั๊มสูบน้ำถูกติดตั้งในบ่อของสถานีสูบน้ำเสียซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับพื้นดินประมาณ 4.50 เมตร ทำให้เฮดรวมเท่ากับ 9.2 เมตร ทำให้เฮดไม่เพียงพอ ทีมวิจัยจึงได้เปลี่ยนปั๊มสูบน้ำใหม่ทั้งสองตัวที่มีศักยภาพในการสูบน้ำเสียได้ในปริมาณที่มากขึ้น มีเฮดการดูดและส่งมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำเสียจากปั๊มทั้งสองตัวทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ นอกจากนั้น ยังพบว่า ชุดตีนเป็ด Guide Rail นั้นไม่สามารถประกบสนิทกับปั๊มได้ จึงได้ดำเนินการปรับแก้ชุดตีนเป็น ดังภาพที่ 3.2.1-3

ภาพที่ 3.2.1-3 การปรับแก้ชุดตีนเป็น Guide Rail

2) การอุดตันของขยะภายในเส้นท่อและอุปกรณ์ของระบบ เนื่องจากปั๊มสูบน้ำถูกติดตั้งในบ่อของสถานีสูบน้ำเสีย เนื่องจากน้ำเสียถูกสูบจากสถานีสูบน้ำเสียจริงที่มีขยะจำนวนมาก ต่อมา จึงได้ติดตั้งตะแกรงกรองขยะอีกชั้นหนึ่ง ดังภาพที่ 3.2.2-3

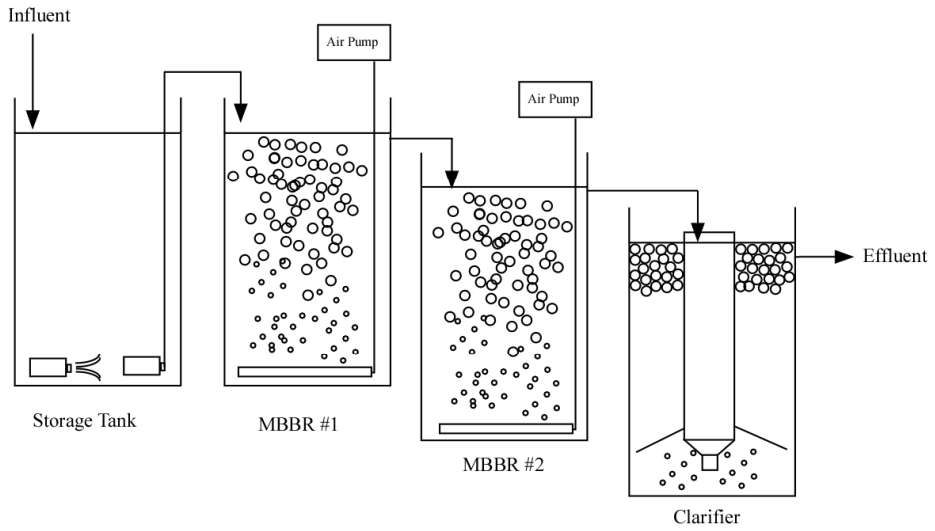
ภาพที่ 3.2.1-4 การติดตั้งตะแกรงกรองขยะเพิ่มขึ้นหลังตะแกรงของสถานีสูบน้ำเสีย

สำหรับโรงเรือน ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ทีมวิจัยได้จัดสร้างระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กสำหรับครัวเรือนและการเกษตรโดยการใช้ถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร จำนวน 4 ถัง ดังแผนภาพในภาพที่ 3.2.1-5 และภาพที่ 3.2.1-6 (ก) ประกอบด้วย

1) ถังเก็บน้ำเสีย จำนวน 1 ถัง ซึ่งเป็นถังปรับเสมอของน้ำเสียที่มาจากถังที่สองของระบบ Onsite ของอาคาร ภายในถังมีการติดตั้งปั๊มขนาดเล็กที่ทำการกวนผสมตลอดเวลา ป้องกันการจมตัวของของแข็งแขวนลอยภายในถัง ถังมีการติดตั้งปั๊มน้ำขนาดเล็กเพื่อสูบน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกิริยา MBBR 1 อย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการไหล 1200 ลิตรต่อวัน อย่างไรก็ตาม ปั๊มน้ำขนาดเล็กนั้น ใช้กำลังไฟ 23 วัตต์ สามารถสูบน้ำได้สูงสุด 900 ลิตรต่อชั่วโมง ทำให้สามารถปรับอัตราการไหลเข้าสู่ระบบได้มากขึ้น

2) ถังปฏิกิริยา MBBR จำนวน 2 ถัง แต่ละถังมีการติดตั้งหัวทรายเติมอากาศจำนวน 3 หัว ต่อเชื่อมกับปั๊มลมเติมอากาศ ใช้กำลังไฟฟ้า 120 วัตต์ สามารถเติมอากาศได้ 100 ลิตรต่อนาที มีการเติมตัวกลางพลาสติกที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 500 ตารางเมตรต่อลูกบาศ์กเมตร ปริมาตร 40% ของปริมาตรถังทั้งหมด โดยมีการเติมอากาศอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ดังภาพที่ 3.2.1-6 (ข)

3) ถังตกตกอน จำนวน 1 ถัง ภายในมีการเติมตัวกลางประเภทเดียวกันภายในถัง เพื่อเพิ่มระยะเวลาการตกตะกอนให้มากขึ้น ดังภาพที่ 3.2.1-6 (ค)



ภาพที่ 3.2.1-5 แผนภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR ขนาดเล็ก ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

ภาพที่ 3.2.1-6 ระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กแบบ MBBR ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

ระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กที่ติดตั้ง ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา มีวิธีการบำบัดเช่นเดียวกัน โดยแต่ถังปฏิกิริยา MBBR มีปริมาตรเท่ากับ 190 ลิตร โดยน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบเท่ากับ 1200 ลิตรต่อวัน ทำให้ระยะเวลาเก็บกักทางชลศาสตร์ เท่ากับ 7.6 ชั่วโมง น้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีลักษณะทางกายภาพ ดังภาพที่ 3.2.1-6 (ง)

3.2.2 ศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียสำหรับการใช้น้ำทิ้งเพื่องานในภาคการเกษตร และการนำกลับมาใช้ใหม่

หลังจากดำเนินการย้ายระบบบำบัดน้ำเสียจริงไปยังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ) และเริ่มเดินระบบ โดยการเติมหัวเชื้อที่นำมาจากนิคมอุตสาหกรรมปิ่นทอง จังหวัดชลบุรี เป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว พบว่า มีเชื้อแบคทีเรียเกาะติดบนผิวตัวกลางด้านใน ดังภาพที่ 3.2.2-1 โดยทีมออกแบบระบบได้กำหนดให้อัตราการไหลเข้าสู่ถังปฏิกิริยา MBBR ทั้งสองพร้อมกัน (14.14 ลูกบาศ์กเมตร) ด้วยอัตราการสูงสุดเท่ากับ 50 ลูกบาศ์กเมตรต่อวัน ทำให้น้ำเสียเข้าสู่แต่ละถังปฏิกิริยาสูงสุดเท่ากับ 25 ลูกบาศ์กเมตรต่อวัน ส่งผลให้มีระยะเวลาเก็บกักทางชลศาสตร์ (Hydraulic Retention Time, HRT) ต่ำสุดของแต่ละถังเท่ากับ 13.6 ชั่วโมง แต่หากมีการปรับเปลี่ยนปั๊มจนสามารถเพิ่มอัตราการไหลให้เข้าสู่แต่ละถังสูงสุดเท่ากับ 50 ลูกบาศ์กเมตรต่อวัน ก็จะทำให้ HRT ต่ำสุด เท่ากับ 6.8 ชั่วโมง เรียกรูปแบบการเดินระบบแบบนี้ว่า Single-stage MBBR system ซึ่งเน้นที่การกำจัดสารอินทรีย์ภายในถังปฏิกิริยา MBBR เป็นหลัก

ทีมวิจัยของโครงการได้ปรับเปลี่ยนรูปแบบการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ถังปฏิกิริยา โดยกำหนดให้เข้าสู่ถังปฏิกิริยา MBBR #1 ก่อน ต่อมา กำหนดให้ไหลออกจากถังปฏิกิริยา MBBR #1 เข้าสู่ถังปฏิกิริยา MBBR #2 เรียกรูปแบบนี้ว่า Two-stage MBBR system ทำให้เน้นการกำจัดสารอินทรีย์ในถังปฏิกิริยา MBBR #1 และเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในถังปฏิกิริยา MBBR #2 ตามลำดับ โดยระยะเวลา HRT ต่ำสุดของระบบยังคงเท่ากับ 13.6 ชั่วโมง โดยมีวัตถุประสงค์ของการกำจัดสารอินทรีย์ให้หมดสิ้นภายในถังปฏิกิริยา MBBR #1 เหลือแต่สารประกอบไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมไนโตรเจนเข้าสู่ถังปฏิกิริยา MBBR #2 เพื่อให้เกิดไนตริฟิเคชันโดยแบคทีเรียกลุ่ม Autotrophs เพื่อให้เกิดเป็นสารประกอบไนเตรทไนโตรเจนที่สามารถนำไปเป็นธาตุอาหารไนโตรเจนสำหรับพืชได้ต่อไป น้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีลักษณะทางกายภาพ ดังภาพที่ 3.2.1-6 (ง)

ภาพที่ 3.2.2-1 แบคทีเรียที่เกาะติดบนผิวตัวกลางด้านในที่ติดตั้งในระบบบำบัดน้ำเสียจริง MBBR

3.2.3 การเดินระบบ เก็บข้อมูล ปริมาณและคุณภาพน้ำ ตั้งแต่น้ำเข้าระบบบำบัดและการนำไปใช้เพื่อการเกษตร

ปัจจุบัน ระบบบำบัดน้ำเสียจริงที่ติดตั้ง ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ) หลังจากมีการติดตั้งปั๊มใหม่ มีการเดินระบบด้วยอัตราการไหลสูงสุดเท่ากับ 15 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม พบว่า มีการอุดตันของขยะในเส้นท่อ หรือปั๊มประกบไม่สนิทกับตีนเป็ด และปั๊มหลุดจาก Guide Rail ทำให้อัตราการไหลลดลง ส่งผลให้ระยะเวลาเก็บกักทางชลศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น ทีมวิจัยได้เก็บตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดระหว่างเดือนมีนาคม-เมษายน พ.ศ. 2565 พบว่า น้ำเสียชุมชนจากสถานีสูบน้ำเสียของโรงปรับปรุงคุณภาพแสนสุข (เหนือ) ดังแสดงในตารางที่ 3.2.3-1 มีความเข้มข้นสารอินทรีย์และแอมโมเนียมไนโตรเจนต่ำมาก เนื่องจากน้ำเสียที่มาจากชุมชนมีการบำบัดเบื้องต้นแบบ Onsite และระบบรวบรวมน้ำเสียเป็นแบบรวม (Combined Sewer) ที่มีน้ำฝนรวมมาด้วย

หลังจากบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR แล้ว พบว่า น้ำทิ้งมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ละลายน้ำบ่งชี้ด้วยค่าซีโอดีและแอมโมเนียมไนโตรเจนเท่ากับ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือมีประสิทธิภาพของการกำจัดสารอินทรีย์และไนตริฟิเคชันได้ร้อยละ 100 ส่งผลให้เกิดไนเตรทไนโตรเจนในน้ำทิ้ง ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และฟอสฟอรัส ดังตารางที่ 3.2.3-2 กากตะกอนมีปริมาณน้อยมาก เป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งของประกาศของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน พ.ศ. 2553 ยกเว้นธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เพราะมีธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของไนเตรท และธาตุอาหารฟอสฟอรัส เกินกว่ามาตรฐาน ที่กำหนดไว้ว้าไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสทั้งหมดต้องไม่เกิน 20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร และ 2 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร ตามลำดับ เพราะวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ต้องการให้

น้ำทิ้งที่มีธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เหมาะสมสำหรับการนำกลับไปใช้ใหม่ในงานด้านเกษตรกรรมต่อไป

ตารางที่ 3.2.3-1 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ) จ.ชลบุรี ระหว่างเดือนมีนาคม-มิถุนายน พ.ศ. 2565

พารามิเตอร์	ปี พ.ศ. 2565			
	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน
สารอินทรีย์บ่งชี้ด้วยค่าซีโอดี (มิลลิกรัมซีโอดีต่อลิตร)	80±0	93±23	80±0	80±0
แอมโมเนียมไนโตรเจน (มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร)	22.9±0.7	21.8±0	10.5±7.9	19.5±0.6
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร)	-	5.0±0.2	2.4±1.7	5.5±1.5

ตารางที่ 3.2.3-2 คุณลักษณะน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ) จ.ชลบุรี ระหว่างเดือนมีนาคม-มิถุนายน พ.ศ. 2565

พารามิเตอร์	ปี พ.ศ. 2565			
	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน
ไนเตรทไนโตรเจน (mg N/L)	27.2±4.2	22.2±1.1	14.8±6.6	21.0±9.1
ฟอสฟอรัส (mg P/L)	-	3.0±1.4	3.3±1.4	2.9±0.8
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (mg SS/L)	7.3±3.1	11.0±8.2	19.5±13.3	8±6
ประสิทธิภาพการกำจัด COD (%)	100	100	100	100
ไนตริฟิเคชัน (%)	97.4±3.8	100±0	100±0	93.3±5.8

ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพขนาดเล็กที่ติดตั้งอยู่ที่โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพานั้น ทีมวิจัย พบว่า น้ำเสียเกิดขึ้นจากอาคารเรียนของโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา นั้นมีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับการทดลองนี้ เนื่องจากไม่มีนักเรียนมาเรียนจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ดังนั้น ทีมวิจัยจึงได้ว่าจ้างหน่วยงานภายนอกมาสูบน้ำหลังจากถังเกรอะจากอาคารสำนักงานของตึกอธิการบดี (ตึก ภปร.) ซึ่งมีจำนวน 9 ชั้น และมีบุคลากรทำงานจำนวนมากกว่า 400 คน ภายในอาคารตลอดเวลาในช่วงเวลาทำการ ทำให้น้ำเสียมีปริมาณเพียงพอแก่การทดลอง หลังจากนั้น ทีมวิจัยได้ป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบด้วยอัตราการไหลเท่ากับ 1,200 ลิตรต่อวัน

จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำเสียหลังการบำบัดเบื้องต้นด้วยระบบ Onsite แล้วพบว่า มี น้ำเสียที่นำมาใช้ในการทดลองจากอาคารตึกอธิการบดีมีความเข้มข้นสารอินทรีย์ที่บ่งชี้ด้วยค่าซีโอดีทั้งหมดโดยเฉลี่ยน้อยมาก ดังตารางที่ 3.2.3-3 พบว่า มีความเข้มข้นของธาตุอาหารแอมโมเนียมไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงมากกว่าน้ำเสียชุมชนที่ป้อนเข้าสู่โรงบำบัดน้ำเสียแสนสุข (เหนือ) มาก ทำให้ทีมวิจัยเพิ่มตัวกลางมากขึ้นเท่ากับร้อยละ 40 ของปริมาตรถังปฏิกิริยาทั้งหมด ทำให้น้ำทิ้งมีคุณลักษณะที่ดีมาก คือ น้ำทิ้งมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ละลายน้ำและแอมโมเนียมไนโตรเจนเท่ากับ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือมีประสิทธิภาพของการกำจัดสารอินทรีย์ได้อย่างสมบูรณ์ ร้อยละ 100 และไนตริฟิเคชันได้ร้อยละ 43.5±9.1, 66.4±0.4, และ 66.4 ในเดือนมีนาคม เมษายน และพฤษภาคม พ.ศ. 2565 ตามลำดับ เนื่องจากน้ำเสียที่มาจากอาคารและเข้าสู่ระบบมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนสูงมาก ทำให้มีแอมโมเนียมเหลือค้างอยู่ในน้ำทิ้งส่วนหนึ่ง

ตารางที่ 3.2.3-3 คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR จำลอง ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพาระหว่างเดือนมีนาคม-มิถุนายน พ.ศ. 2565

พารามิเตอร์	**ปี พ.ศ. 2565**			
	มีนาคม	**เมษายน**	**พฤษภาคม**	**มิถุนายน**
สารอินทรีย์บ่งชี้ด้วยค่าซีโอดี (mg COD/L)	80±40	40±0	80±0	80±0
แอมโมเนียมไนโตรเจน (mg N/L)	110.0±13.5	63.4±1.1	50.6±11	84.4±17
ฟอสฟอรัส (mg P/L)	-	19.4±1.9	20.4±8.5	29.5±5.2

หลังการบำบัด น้ำทิ้งมีไนไตรท์และไนเตรทไนโตรเจนในน้ำทิ้ง ดังตารางที่ 3.2.3-4 พบว่า การสะสมของไนไตรท์ในระบบในเดือนมีนาคมนั้นอาจเป็นเพราะว่า เพิ่งเริ่มต้นเดินระบบ ปริมาณแบคทีเรียกลุ่ม *Nitrobacter* sp. บนผิวตัวกลางยังมีไม่เพียงพอในการออกซิไดซ์ไนไตรท์เป็นไนเตรทไนโตรเจนได้อย่างสมบูรณ์ สำหรับผลการทดลองในเดือนพฤษภาคม พบว่า ปริมาณไนไตรท์และไนเตรทเหลือน้อยมากทั้งๆ ที่ไนเตริฟิเคชันเกิดขึ้นร้อยละ 66.4 เป็นเพราะว่า ระบบการเติมอากาศมีปัญหาในช่วงวันที่เก็บตัวอย่าง ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันจนเปลี่ยนไนเตรทไนโตรเจนเป็นก๊าซไนโตรเจน นอกจากนั้น น้ำทิ้งยังมีความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยน้อยมากจนน้ำมีลักษณะใส แต่มีความเข้มข้นฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งที่สูงมาก

ตารางที่ 3.2.3-4 คุณลักษณะน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR จำลอง ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพาระหว่างเดือนมีนาคม-มิถุนายน พ.ศ. 2565

พารามิเตอร์	ปี พ.ศ. 2565			
	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน
แอมโมเนียมไนโตรเจน (mg N/L)	43.1±9.1	21.3±0.4	17.2±2.4	43.1±12.3
ไนไตรท์ไนโตรเจน (mg N/L)	24.7±0.6	ND	0.8±0.7	12.8±8.0
ไนเตรทไนโตรเจน (mg N/L)	25.6±8.5	31.8±1.1	29.9±4.4	18.2±9.9
ฟอสฟอรัส (mg P/L)	-	24.0±2.6	21.9±6.2	24.6±5.5
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (mg SS/L)	32.0±13.1	-	12.0±2	37.5±30.7
ประสิทธิการกำจัด COD (%)	100	100	100	100
ไนตริฟิเคชัน (%)	43.5±9.1	66.4±1.1	65.9±2.4	49.0±11.4

กล่าวโดยสรุป น้ำทิ้งมีคุณภาพดีมาก ไม่มีสารอินทรย์ แต่มีธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งในรูปของแอมโมเนียมและไนเตรทไนโตรเจน ตลอดจนมีธาตุอาหารฟอสฟอรัส จึงทำให้น้ำทิ้งเจากระบบนี้หมาะสมสำหรับการนำกลับไปใช้ใหม่ในงานด้านเกษตรกรรมต่อไปได้

3.2.4 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการบำบัดน้ำเสียเพื่อนำน้ำทิ้งกลับไปใช้ใหม่ทางด้านเกษตรกรรม

สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียจำลองขนาดเล็กที่สร้างขึ้นและติดตั้ง ณ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพานั้นใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่หาง่ายและราคาถูก โดยมีงบประมาณลงทุนสำหรับการจัดสร้างระบบไม่รวมค่าแรงงาน ประมาณ 20,000 บาท และมีค่าเดินระบบที่เป็นค่าไฟฟ้า ดังนี้

1) ค่าไฟฟ้าสำหรับปั๊มน้ำจำนวน 2 ตัวๆ ละ 23 วัตต์ ทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน เท่ากับ 1.104 หน่วยต่อวัน
2) ค่าไฟฟ้าสำหรับปั๊มน้ำไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับสูบจากถังเก็บน้ำเสียเข้าสู่ระบบ จำนวน 1 ตัว ขนาด 300 วัตต์ ทำงาน 1.0 ชั่วโมงต่อวัน เท่ากับ 0.44 หน่วยต่อวัน
3) ค่าไฟฟ้าสำหรับปั๊มเติมอากาศ จำนวน 2 ตัวๆ ละ 120 วัตต์ ทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน รวม 5.76 หน่วยต่อวัน

รวมจำนวนหน่วยไฟฟ้า 7.304 kWh หรือ 7.304 หน่วยต่อวัน หรือประมาณ 220 หน่วยต่อเดือน

เมื่อนำไปคำนวณค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โปรแกรมการคำนวณที่ https://eservice.pea.co.th/EstimateBill/ พบว่า ค่าไฟฟ้าต่อเดือนเท่ากับ 883.50 บาทต่อเดือน หรือเฉลี่ยต่อวัน (30 วัน) เท่ากับ 29.45 บาทต่อวัน เมื่อนำไปคำนวณค่าบำบัดน้ำเสียต่อน้ำเสีย 1 หน่วยลูกบาศ์กเมตร พบว่า เท่ากับ 24.5 บาทต่อลูกบาศ์กเมตร

หากเกษตรกรใช้น้ำประปาในสำหรับงานด้านเกษตรกรรมวันละ 1.2 ลูกบาศ์กเมตรต่อวัน หรือ 36 ลูกบาศ์กเมตรต่อเดือน เมื่อนำปริมาณน้ำประปานี้ไปคำนวณค่าน้ำประปา โดยใช้อัตราค่าน้ำประปาในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรีที่มีเอกชนร่วมลงทุนที่ https://www.pwa.co.th/contents/service/table-price และใช้โปรแกรมการคำนวณค่าน้ำประปาที่ https://www.pwa.co.th/calculate/water-tariff และขนาดมาตรวัด 3/4 นิ้ว พบว่า อัตราค่าน้ำประปา 36 ลูกบาศ์กเมตรต่อเดือน ต้องเสียค่าน้ำประปาเท่ากับ 673.24 บาทต่อเดือน หรือ 22.44 บาทต่อวัน หรือ 18.7 บาทต่อลูกบาศ์กเมตร จากการคำนวณดังกล่าวข้างต้น พบว่า หากใช้น้ำประปาสำหรับงานด้านเกษตรกรรมโดยใช้น้ำประปาในปริมาณน้ำที่เท่ากัน พบว่าน้ำประปาถูกกว่า 2.06 บาทต่อวัน อย่างไรก็ตาม หากนำธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียมารวมด้วยแล้ว ก็จะส่งผลให้ลดการใช้ปริมาณปุ๋ยได้ ส่งผลให้ค่าบำบัดน้ำเสียลดลงได้อีกด้วย เช่น หากน้ำแอมโมเนียม ไนไตรท และไนเตรท ในน้ำทิ้งเดือนเมษายน ที่อัตราการไหล 1200 ลิตรต่อวัน ทำให้มีธาตุอาหารไนโตรเจนในน้ำทิ้ง เท่ากับ 63.7 กรัมต่อวัน [(21.3+31.8 mg/L) x 1200 L/day / 1000 mg/g = 63.7 g/day] และธาตุอาหารฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งเท่ากับ 28.8 กรัมต่อวัน (24 mg/L x 1200 L/day /1000mg/g = 28.8 g/day) นอกจากนั้น หากเพิ่มอัตราการไหลที่ป้อนเข้าสู่ระบบให้มากขึ้นเป็น 1,500 ลิตรต่อวัน ก็จะทำให้ค่าบำบัดน้ำเสียลดเหลือเพียง 19.6 บาทต่อลูกบาศ์กเมตร โดยระยะเวลาเก็บกักทางชลศาสตร์ลดลงเหลือ 6.1 ชั่วโมง ซึ่งยังคงทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดใกล้เคียงเช่นเดิม หรืออาจเพิ่มปริมาณตัวกลางในถังปฏิกิริยาให้มากกว่าร้อยละ 40 ได้ ส่วนค่าน้ำประปาที่ปริมาตร 1,500 ลิตรต่อวัน จะมีค่าน้ำประปาเท่ากับ 19.5 บาทต่อลูกบาศ์กเมตร แสดงให้เห็นว่าจุดคุ้มทุนในส่วนของค่าเดินระบบ คือ 1,500 ลิตรต่อวัน อย่างไรก็ตาม การเดินระบบไม่ควรลดอัตราการไหลให้น้อยลง เพราะจะทำให้ค่าบำบัดน้ำเสียต่อลูกบาศ์กเมตรเพิ่มสูงขึ้นได้ นอกจากนั้น ยังส่งผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบอีกด้วย และหากปรับปรุงระบบเพิ่มเติมจนทำให้สามารถรองรับน้ำเสียได้มากขึ้น ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียลดต่ำลงได้

สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR จริงที่ติดตั้ง ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ) พบว่า มีการใช้ไฟฟ้าประมาณ 80 หน่วยต่อวัน ทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 2,400 หน่วยต่อเดือน (80 หน่วยต่อวัน x 30 วันต่อเดือน = 2,400 หน่วยต่อเดือน) เมื่อคำนวณค่าไฟฟ้าสำหรับองค์กรที่ไม่แสวงหากำไรโดยใช้โปรแกรมที่ https://eservice.pea.co.th/EstimateBill/ พบว่า มีค่าไฟฟ้าเท่ากับ 9,730.65 บาทต่อเดือน นอกจากนั้น ปัจจุบัน โครงการมีการเดินระบบที่อัตราการไหล เท่ากับ 50 ลูกบาศ์กเมตรต่อวัน ทำให้มีค่าไฟฟ้าต่อลูกบาศ์กเมตร เท่ากับ 6.5 บาทต่อลูกบาศ์กเมตร อย่างไรก็ตาม เมื่อเทียบค่าน้ำประปา 1,500 ลูกบาศ์กเมตรต่อเดือน คิดเป็นค่าน้ำประปา 43,470 บาทต่อเดือน พบว่า การ

ใช้น้ำทิ้งมาทดแทนน้ำประปา จะสามารถลดค่าใช้จ่ายสำหรับค่าน้ำได้ถึงประมาณ 4.5 เท่า นอกจากนั้น น้ำทิ้งที่ได้จากการบำบัดยังมีธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งเท่ากับ 1,100 และ 150 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับงานทางด้านการเกษตรอีกด้วย โดยหากปรับปรุง ระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR ปัจจุบันเพิ่มเติมให้มีศักยภาพสูงขึ้นจนสามารถบำบัดน้ำเสียได้ปริมาณมากขึ้น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการบำบัดลดลงและลดผลกระทบของมลพิษที่จะปล่อยสู่ทะเลได้มากขึ้น หรือหากปรับปรุงระบบ MBBR นี้และปรับเปลี่ยนวิธีการควบคุมระบบจนน้ำทิ้งมีคุณภาพเทียบเท่าหรือใกล้เคียงน้ำประปา เพื่อนำน้ำทิ้งกลับไปใช้ในกิจกรรมอื่นๆ ของชุมชนที่สามารถใช้น้ำทิ้งที่ผลิตได้ ทดแทนการใช้น้ำประปา ทำให้ประหยัดค่าน้ำประปากว่า 4 เท่า ช่วยลดปัญหาการขาดแคลนน้ำในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC) ได้ อีกทั้ง ถ้าหากปรับปรุงระบบจนสามารถกำจัดสารอาหารในน้ำทิ้งหมดได้ ก็จะช่วยลดผลกระทบต่อทะเลที่สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals, SDGs) ที่ 14.1 ป้องกันและลดมลพิษทางทะเลทุกประเภทโดยเฉพาะจากกิจกรรมบนแผ่นดินรวมถึงขยะทะเลและมลพิษของสารอาหาร (Nutrient Pollution) ภายในปี พ.ศ. 2568

เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals, SDGs)

อนึ่ง ตัวอย่างความสำเร็จในการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย MBBR นี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียเดิมหรือสร้างใหม่ ส่งผลให้น้ำทิ้งมีคุณภาพได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งและมีคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับการนำกลับไปใช้ใหม่ ทำให้ไม่ต้องปล่อยน้ำทิ้งสู่แหล่งรองรับน้ำทิ้งภายนอก (Zero Discharge) และลดการใช้น้ำในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกจากส่วนภาคอุตสาหกรรมได้

สุดท้ายนี้ การบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมควรเป็นเป้าหมายหลัก และการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดการใช้น้ำประปา จึงมีความคุ้มค่าและคุ้มทุน และการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำจึงมีความยั่งยืน

บทที่ 4
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 บทสรุป

1. ระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพแบบ Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) ซึ่งเป็นระบบนำร่อง ได้ถูกย้ายมาจากโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา มาติดตั้งที่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือ (ถนนข้าวหลาม) จังหวัดชลบุรี โดยมีการปรับปรุงระบบให้สอดคล้องกับปริมาณและคุณลักษณะน้ำเสียชุมชน ตลอดจนการแก้ไขปรับปรุงแก้ไขระบบสูบน้ำ ระบบกรองทราย ระบบกำจัดเชื้อโรค และอื่นๆ นอกจากนี้ ยังปรับเปลี่ยนวิธีการควบคุมระบบเพื่อให้สามารถบำบัดน้ำเสียชุมชนจนสามารถกำจัดสารอินทรีย์ออกจากน้ำเสียได้หมด และเปลี่ยนแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียให้เป็นสารประกอบไนเตรตไนโตรเจน ซึ่งเป็นรูปแบบไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืช โดยน้ำทิ้งยังมีธาตุฟอสฟอรัสอยู่ ทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณลักษณะเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ทางด้านการเกษตร โครงการวิจัยนี้ยังได้พัฒนาระบบ MBBR ที่มีขนาดเล็ก ราคาถูก สามารถบำบัดน้ำทิ้งจากบ้านเรือนจนได้น้ำทิ้งที่มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการใช้ทางการเกษตรเช่นเดียวกัน

2. วิธีการที่ใช้บำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในภาคการเกษตร และการนำกลับมาใช้ใหม่ ควรมีความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์ออกให้หมด และมีกระบวนการเปลี่ยนแอมโมเนียไนโตรเจนเป็นสารประกอบไนเตรต ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียชีวภาพแบบ Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) สามารถนำไปใช้บำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับไปใช้ด้านการเกษตรสำหรับพื้นที่ EEC ได้เป็นอย่างดี หากวิเคราะห์ผลตอบแทนและความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดในการทำการเกษตร โดยการปลูกไม้ดอกและไม้ประดับ พบว่า การปลูกมอนสเตอร่าจำนวน 6,400 ต้น ในโรงเรือนขนาด 1 งาน มีต้นทุน 187,176 บาท หากขายต้นมอนสเตอร่าได้ในราคาต้นละ 100 บาท จะมีรายได้ 640,000 บาท มีกำไร 452,824 บาท ต่อพื้นที่ 1 งานต่อ 6 เดือน หรือ 905,648 บาท ต่อพื้นที่ 1 งานต่อปี สำหรับการปลูกดาวเรืองจำนวน 1,600 ต้น ในโรงเรือนขนาด 1 งาน มีต้นทุน 76,784 บาท หากขายดาวเรืองได้ในราคาดอกละ 2 บาท จะมีรายได้ 256,000 บาทเหลือผลกำไร 179,216 บาทต่อพื้นที่ 1 งาน ต่อ 4 เดือน หรือ 537,648 ต่อพื้นที่ 1 งานต่อปี ในโรงเรือนนี้ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียจำลองขนาดเล็ก ปริมาณน้ำเสียที่บำบัด เท่ากับ 1.2 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (36 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน) ค่าไฟฟ้าเท่ากับ 24.5 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR ที่ติดตั้ง ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ

แสนสุข (เหนือ) ปริมาณน้ำเสียที่บำบัด เท่ากับ 50 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (1,500 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน) ค่าไฟฟ้า เท่ากับ 6.5 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

3. จัดประชุมเชิงปฏิบัติการให้กับคณาจารย์ วิศวกร เจ้าหน้าที่จากองค์การบริหารส่วนท้องถิ่น เจ้าหน้าที่จากภาคการเกษตร มีการดำเนินงานร่วมกับภาครัฐ เช่น สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) คณะอนุกรรมการความร่วมมือระหว่างกระทรวงเกษตรและสหกรณ์และสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย สภาเกษตรกรจังหวัดชลบุรี ศูนย์การเรียนรู้ชุมชนต้นแบบ โรงเรียนต่างๆ ในพื้นที่ เป็นต้น ภาคเอกชน ได้แก่ กลุ่มบริษัท เครือไทยอีสเทิร์นกรุ๊ป จำกัด รวมทั้งเกษตรกร และผู้สนใจทั่วไป

4. จัดกิจกรรมอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับกลุ่มผู้ประกอบการ กลุ่มเกษตรกร และผู้สนใจทั่วไป จัดอบรมให้กับนักศึกษา เกษตรกร ชุมชน และผู้ประกอบการไปแล้วมากกว่า 60 คน ทั้งในส่วนของภาคการเกษตรและบำบัดน้ำเสีย

4.2 ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR ขนาดเล็กที่ประดิษฐ์ขึ้นสามารถนำมาใช้งานได้จริง โดยค่าลงทุนไม่สูงนัก (ประมาณ 20,000 บาท) และมีประสิทธิภาพดี มีความทนทานต่อการนำไปใช้งานได้ในสภาพแวดล้อมจริง

2. การเพาะปลูกพืชโดยการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดไปใช้ มีความเหมาะสม ทั้งคุณภาพน้ำ และปุ๋ยที่ยังคงเหลืออยู่ในมวลน้ำ

3. น้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBBR ณ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุข (เหนือ) มีความสามารถในการบำบัดน้ำให้ได้คุณภาพน้ำเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และมีปริมาณน้ำที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ทั้งการนำไปใช้ในการสร้างพื้นที่สีเขียว หรือการบำบัดน้ำลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

4.3 ข้อเสนอแนะ

1. ผู้สนใจทั้งภาคเกษตร วิสาหกิจชุมชน หรือภาคอุตสาหกรรม มีข้อกังวลเรื่องค่าใช้จ่ายในการลงทุน การดูแลบำรุงรักษา และการใช้งาน แต่ไม่มีข้อกังวลมากนักในเรื่องคุณภาพน้ำ เนื่องจากต้องการนำน้ำไปใช้ในการปลูกพืชในดินตามวิธีการดังเดิม

2. หากเป็นก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำของชุมชน หรือวิสาหกิจชุมชน เพื่อให้มีปริมาณน้ำเสียเพียงพอต่อการนำใช้งาน ต้องมีการจัดการและการดูแลบำรุงรักษาเป็นอย่างดี เพื่อให้ระบบมีเสถียรภาพ

3. สำหรับภาคเกษตร การอธิบายกับเกษตรกรหรือผู้รับประโยชน์ถึงการเปลี่ยนแปลงที่ภาคเกษตรจะต้องปรับตัว เพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาการขาดแคลนน้ำที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ภาครัฐจำเป็นต้องมีกิจกรรมการส่งเสริมและการตลาดที่เป็นรูปธรรม เพราะการเปลี่ยนแปลงนี้เกี่ยวข้องกับความรู้ความสามารถและทักษะของเกษตรกร เครื่องมือการเกษตรที่เกษตรกรมีอยู่ ความคุ้นเคยกับวิธีการปลูกที่เกษตรกรเคยทำมาในอดีต โรคแมลงศัตรูพืชที่เกิดขึ้น ปัจจัยการผลิต ต้นทุนการผลิต จำนวนผลผลิต และสิ่งผลักดันที่เป็นรูปธรรมซึ่งจะส่งเสริมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้จริง คือ ราคาผลผลิต ดังนั้น การสร้างความเข้าใจและโน้มน้าวกับเกษตรกรในประเด็นนี้ยังคงเป็นไปได้อย่างยากลำบาก และทำให้ยังคงไม่เกิดผลลัพธ์ที่ชัดเจนในภาพรวม

4.4 ปัญหาและอุปสรรค

ระบบบำบัดน้ำเสียเกิดการอุดตันจากขยะที่ลอยหรือปะปนมากับมวลน้ำเสีย ซึ่งใช้การป้องกันโดยติดตั้งตะแกรงกรองเพิ่มเติม อุปกรณ์เครื่องสูบน้ำต้องปรับการติดตั้งเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานสูบน้ำจากบ่อรวบรวมน้ำ (จากเดิมที่ติดตั้งอยู่ในระบบปิด ไม่มีการรบกวนจากสิ่งแวดล้อมภายนอก)

บรรณานุกรม

1. ประชาชาติธุรกิจ (2563). ภาคตะวันออกวิกฤตขาดน้ำ ผัน 10 ล้าน ลบ.ม.กู้ “ระยอง-ชลบุรี”. สืบค้น 30 มกราคม 2564, จาก https://www.prachachat.net/local-economy/news-419311.
2. นวภา เฉยเจริญ และ วรรณวิทย์ แต้มทอง. (2563). การใช้ไม้ประดับในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร. ใน การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25 วันที่ 15-17 กรกฎาคม 2563 จ.ชลบุรี. CEM11-1 – CEM11-6.
3. เสนีย์ กาญจนวงศ์, ขจรศักดิ์ โสภาจารีย์, วิไลลักษณ์ กิจจนะพานิช, ทรงเชาว์ อินสมพันธ์, โชคชัย ไชยมงคล, อดุง ศิลป์ประเสริฐ, สุรีย์ บุญญานพงศ์. 2545. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้เพื่อการเกษตรกรรม. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สืบค้นจาก https://elibrary.trf.or.th/project_content.asp?PJID=RDG4330002.
4. Alcalde-Sanz, L. & Gawlik, B.M. (2017). Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge. JRC Science for Policy Report, European Commision.
5. Cao, Y., Li, F., Wang, Y., Yu, Y., Wang, Z., Liu, X., & Ding, K. (2019). Assisted Deposition of PM2. 5 from Indoor Air by Ornamental Potted Plants. Sustainability, 11(9), 2546.
6. International Water Association (IWA). (2016). Water utilitiy pathway in a circular economy. IWA Media Office, www.iwa-network.org.
7. Leyva-Díaz, J.C., Martín-Pascual, J. & Poyatos, J.M. (2017). Moving bed biofilm reactor to treat wastewater. International Journal of Environmental Science and Technology. 14, 881–910.
8. Maldonado, A. I. L., Reyes, J. M. M., Breceda, H. F., Fuentes, H. R., Contreras, J. A. V., & Maldonado, U. L. (2019). Automation and robotics used in hydroponic system. In Urban Horticulture-Necessity of the Future. IntechOpen.

9. Sriwiriyarat, T., Pittayakool, K., Fongsatitkul, P. & Chinwetkitvanich, S. (2008). Stability and capacity enhancements of activated sludge process by IFAS technology. Journal of Environmental Science and Health Part A. 43(11), 518-527.
10. Tyagi, V.K. & Lo, S.L. (2013). Sludge: a waste or renewable source for energy and resources recovery?. Renewable and Sustainable Energy Revews. 25, 708–728.
11. Verstraete, W. & Vlaeminck, S.E. (2011). ZeroWasteWater: short-cycling of wastewater resources for sustainable cities of the future. International Journal of Sustainable Development & World Ecology. 18(3), 253–264.
12. Ødegaard, H. (2006). Innovations in wastewater treatment: the moving bed biofilm process. Water Science and Technology, 53(9), 17–33.
13. Ødegaard, H. (2018). MBBR and IFAS systems. In G. Mannina, G. Ekama, H., Ødegaard, H. & G. Olsson (Eds.), Advances in wastewater treatment (pp. 101-153). International Water Association (IWA).
14. Wang, K., He, W., Ai, Y., Hu, J., Xie, K., Tang, M., ... & Vander Zaag, P. (2017). Optimizing seed potato production by aeroponics in China. Philippine Journal of Crop Science, 42(1), 69-74.